雙月刊

核能簡訊

NUCLEAR NEWSLETTER

NO. 163
2016 DECEMBER

白宮新主人的能源政策

核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER

NO.163 雙月刊

DECEMBER 中華民國一〇五年十二月號

封面故事

熱門話題

核子醫學

專題報導

輻射與生活

原子能小故事

阮的心聲

健康快遞

核能脈動

核能新聞

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一Ｏ一號研發大樓 208 室
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
E-mail：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人 ：朱鐵吉
編輯委員：李四海、汪曉康、陳條宗、郭瓊文、劉仁賢、謝牧謙（依筆畫順序）
主　　編：朱鐵吉
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、林庭安
執　　編：羅德禎
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段 166 號 6 樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠
行政院原子能委員會敬贈　廣告
台灣電力公司核能後端營運處敬贈　廣告

編　者　的　話

11 月甫出爐的第 45 任美國總統──唐納德川普，不僅選前民調預測失準，還跌破各界專家眼鏡以黑馬之姿勇奪白宮寶座。即使他嫌棄白宮不如他原來住家豪華與舒適，且放棄總統的 40 萬美元年薪，仍有許多美國民眾無法接受他。即便如此，他的一舉一動、一言一行仍受全世界的熱切關注；他的能源態度更是令剛正式生效的巴黎氣候協議締約國戰戰兢兢。川普認為全球暖化是個假議題，主張地球暖化來自自然形成，否定人類活動導致氣候變化；他不但不支持潔淨能源的發展，還反過來支持開採石油與天然氣。若他真落實推翻他認為的假議題，已運作 10 多年的巴黎氣候協議將遭遇極大的困境，因為美國原本就是二氧化碳的排放大國，如今不但可能退出二氧化碳減量行列，而且極可能還會加速二氧化碳的生成。

相較於川普的另一美國名人──李奧納多，以聯合國和平大使的角色、利用自己的明星光環及影響力，努力的宣導全球空氣污染帶來的氣候變遷，及跟隨氣候改變而來的大自然反撲，將造成人類的生存危機。除此之外，還發行他的第二部環保題材紀錄片，片中提及，石油、煤炭與天然氣是提供交通運輸的動力及電力生產來源，然而大量化石燃料的開採卻導致大片森林遭砍伐、水資源受有毒物質污染，不僅破壞環境也間接傷害了人類。因溫室氣體的影響，南北極冰棚漸漸融化，海平面隨之上升，全球氣候異常將帶來更大的危險。這些都是身為地球公民的我們該正視，且該努力扭轉愈來愈惡化的環境現況。

儘管川普不同意二氧化碳的排放造成地球的溫室效應，但不可否認的，空氣的汙染已嚴重威脅著人類的健康，而且還增加肺癌患者的死亡率。空汙相較於輻射，帶來了更多的疾病與死亡；而適量的放射線應用於醫學中，卻可以為人類帶來恢復健康的機會，但是大部分民眾對輻射的恐懼卻遠大於會致死的空氣汙染。我們應該學習以更理性的態度去了解與認識我們生活周遭真實發生的問題，以更有智慧的心去判斷我們所懼怕的是否合理。

白宮新主人的**能源政策**

文・編輯室



▲唐納德・川普（左）當選美國第 45 任總統，右為民主黨候選人希拉蕊・柯林頓（圖片：維基百科）

2016 年美國總統大選於 11 月 8 日星期二舉行，這是美國第 58 屆總統選舉，同時眾議院全部 435 個席位及參議院 33 個席位也進行改選，以產生美國第 114 屆國會。投票結果唐納德・川普以 306 張選舉人票勝出，跨過當選門檻入主白宮寶座。這位備受爭議的世界第一強國領袖，他在選前的政見中有關能源議題同樣爭議不斷，包括他不相信氣候變遷這回事。在他宣布當選之後，全球各國將密切觀察他的所作所為是否言出必行，未來勢必牽動全球各國能源政策的走向。

鑒於美國的能源與氣候變化因應政策對全球有著重要的影響，以下是本刊綜合整理川普的能源論述；看看這個在內政問題中重要性較低，而在國際問題中影響力較大的議題上，美國民意的傾向究竟如何。

共和黨與川普

根據美國蓋洛普公司 2016 年 3 月的民調顯示，美國民眾對於氣候變化的關注度達到近 8 年的最高點，64%的人會擔憂全球暖化問題；5 月的另一次民調結果顯示，有 47%的美國

人認為候選人對於氣候變化的立場是影響其投票給誰的重要因素，有 66%的人會因為希拉蕊的氣候變化立場而投給她，只有 28%會投給川普。但是投票結果卻大大顛覆這些民調數字。

共和黨的傳統是自由競爭、自由貿易、市場優勝劣汰。但是川普不是一個傳統的共和黨人，他目前透露的執政方針並不多，基本的思考邏輯擺在放權、減稅、減少監管。他打算任命的能源部長是個頁岩油氣公司的總裁，可以推測他會扭轉很多對於傳統能源限制的政策。

以下是競選期間川普對能源政策的相關發言：

1. 政府不應干擾各類能源技術的創新。不過，「太陽能很貴」。
2. 現在的綠色能源太落後了，全球各地到處都是風力發電場，他們把海岸線都給毀了。從經濟角度看，這種方式一點都不合理，這種能源根本就沒用。
3. 歐巴馬對煤炭宣戰，害得好多美國人丟了飯碗，讓我們對敵國的能源越來越依賴，生意越來越難做。歐巴馬把煤炭業毀了，我們要把它拯救回來。
4. 氣候變化不是人為造成的，應推翻現有的去碳化能源計畫。
5. 太陽光電這種技術「未經證實」，而且太陽能電池板需要 32 年的投資回報期，沒有人願意為之付出。「歐巴馬用我們的錢來扶持太陽光電，你看又一家太陽光電企業破產了。（此處指的是太陽能組件製造公司 Solyndra，曾接受美國聯邦政府 5.35 億美元的貸款擔保，但最後還是以破產告終。）」

「氣候變遷是一場騙局」

很明顯地，川普不太在乎能源議題，他認為全球暖化是個假議題，並誓言要取消遵守巴黎氣候協議。即使國內能源市場已慢慢脫離燃煤，並轉向使用天然氣，他仍決定將重振燃煤產業，並認為對抗恐怖主義與伊斯蘭國才是美國重要的議題。

川普否定人類活動導致氣候變化，並稱之為「騙局」；他也不支持清潔能源的發展，還強烈支持開採石油與天然氣。競選期間他甚至指定北達科他州眾議員、也是氣候變遷懷疑論者克拉默作為他的能源政策顧問。克拉默堅決否定氣候變遷，他所在的北達科他州正積極推動頁岩油與天然氣的開採。

川普的總統任期將於 2017 年 1 月 20 日正式開始，他會任命誰負責能源部和環保署目前尚未得知。然而，9 月的《科學美國人（Scientific American）》報告提及，麥榮・艾貝爾，又一個氣候變遷懷疑論者，將領導川普政府的環境保護署。同一份報告指稱，能源遊說者麥克納肯將領導能源團隊。2016 年稍早時，路透社稱石油與天然氣勘探公司 Continental Resources 的首席執行長哈落德・哈姆，是未來川普政府能源部長職位的主要競爭者。

由於共和黨在美國國會占據多數，因此歐巴馬之前很多政策都被國會壓制而無法通過。現在川普當選，立法和行政在同一個黨派中，完全執政之下效率「應該」會提高。

川普當選恐造成「Parexit」

在氣候變遷議題上，民主黨傾向於多國協商、合作提出解決方案，例如透過《聯合國氣候變遷綱要公約（UNFCCC）》的機制制訂減排框架，解決全球氣候變遷問題。希拉蕊就曾說過，是她在國務卿任內把中國逼上國際氣



▲川普：美國能源政策是一場災難（圖片來源：@realDonaldTrump）

候變遷的談判桌，她也認為 2015 年底召開的《巴黎氣候協議》是國際減排行動中重要的一步。

而共和黨在總統競選期間所釋出的訊息，主張氣候暖化是來自自然形成，並非人為因素造成，這與美國麻省理工學院多位學者的研究不符。麻省理工學院凱瑞・艾曼紐博士與其他共 300 多位美國國家科學院學者共同發表一封公開信，希望各界正視取消巴黎氣候協議對氣候變遷的嚴重性。

川普唯一的能源政策演講，是在 2016 年 5 月於北達科他州俾斯麥的「威利斯頓盆地石油會議」上發表的。在會中，川普概述了一個計畫，他會在上任後 100 天內刪除美國的氣候行動計畫，「取消巴黎氣候協議，並停止向聯合國全球暖化計畫支付任何費用。」

美國 2016 年初才正式加入巴黎氣候協議，川普當選後若真的取消在巴黎氣候協議中的承諾，這將加重氣候變遷所帶來的風險。

美國擁有許多領先、創新的能源科技，若美國不參與巴黎氣候協議，除了改變對抗氣候暖化的立場，引發各國的 Parexit 效應（退出巴黎氣候協議）會造成氣候變遷重大的風險外，美國在全球市場也會失去其創新能源技術所帶來的商機。

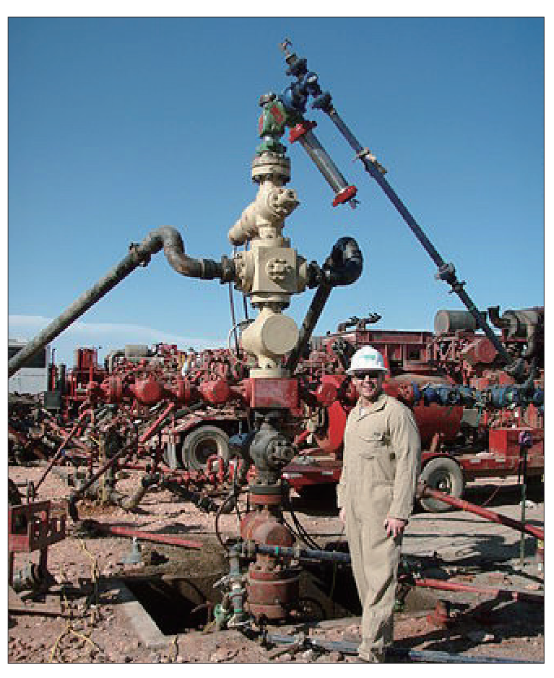
「讓美國再度富裕」

川普競選的能源政策承諾：「將使美國能源獨立，創造數百萬的新就業機會，保護清潔的空氣和水。」要達成此一願景是靠開發美

國的頁岩、石油和天然氣存量，以及「數百年的潔淨煤炭存量」；並鼓勵租賃聯邦的陸上與海上領土，也呼籲開放「頁岩能源基金」用於發展，還承諾取消歐巴馬政府的某些行政法案。

在 2016 年 5 月 17 日《路透（Reuters）》的專訪中，川普表示將解禁大西洋沿岸鑽油平台、廢除減碳排放法令，並放行連結美國與加拿大的「基斯頓 XL 輸油管道（Keystone XL Pipeline）」。

據瞭解，歐巴馬在 2015 年 11 月以國家利益及環境保護考量，否決了從加拿大輸入油砂的「基斯頓 XL 輸油管道」計畫。但川普表示他將重啟這項計畫，並且美國要從中獲取相當程度的利潤，「這就是我們讓這個國家再度富裕起來的作法。」



▲ 壓裂井（圖：維基百科）

偏好化石能源

川普也表態支持使用可能帶來環境衝擊的水力壓裂技術，來獲得頁岩油及天然氣。川普表示，任何過時、有害、不必要或是與國家利益相違背的規範，都會完全廢除。「我們將在『合理』的環境關懷下推動這一切。」他也主張保護乾淨的水與空氣，並與「只為保護自然環境」的環保人士合作，「聚焦在真正的環境威脅，而非假造的那些。」

在本次競選過程中，川普完全從經濟層面思考水力壓裂技術的使用。他曾經表示水力壓裂技術能夠使美國達成能源獨立的目標，當能源價格降低，美國經濟將可從此獲益。川普特別推崇賓州在過去幾年大規模的開採作業，因為這為賓州帶來 88,000 個工作機會。諷刺的是，美國化石能源業者似乎不大支持川普，可能是他給人強烈的不確定性印象有關。

針對此，希拉蕊曾提出「3 個如果」一如果地方不想要、如果會造成污染、如果採用水力壓裂法的企業不揭露所使用的化學原料，她就不支持水力壓裂技術。同時她也認為，當前最重要的是訂立水力壓裂法開採頁岩氣的相關規範，包括飲用水安全以及開採過程中減少甲烷排放的立法。此外，希拉蕊也重視頁岩氣在減排問題上扮演的「承先啟後」功能，因為天然氣的溫室氣體排放量是煤的一半，希拉蕊認為以天然氣發電較為環保。

抨擊再生能源

現任總統歐巴馬於 2015 年 8 月推出「潔淨能源計畫」，計畫目標是在 2030 年之前，使電廠的碳排放量較 2005 年減少 32%，比原先的 30% 目標增加 9%，並獎勵迅速擴大投資於太陽能與風力發電的州與電力公司。由於該政策明顯衝擊當前以煤、石油以及天然氣為燃料的電廠，引發共和黨籍國會議員與州長的全面抵制。在 27 位共和黨籍州長聯合控告這項

政策下，最高法院以些微多數（5：4）判決擱置這項計畫。

從「潔淨能源計畫」受阻的案例可以看出，共和黨人士反對美國再生能源的發展。這些人仍偏好石油與天然氣等化石能源，也反對環保署對再生能源業者提供的各項租稅獎勵，因為這會讓再生能源業者膨脹得太快，進而影響化石能源業者的利益。

此外，川普抨擊民主黨對手們的政策會減少工作機會，並迫使美國再度向中東產油國「乞求石油」。另外，他也認為太陽能發電太過昂貴，風力發電機「殺害數以百計的老鷹」，但卻說他支持「各種能源（生產模式）」。

根據美國能源部的數據，美國自產約55％的石油用量，約25％自加拿大與墨西哥進口，不到20％來自石油輸出國家組織（OPEC）。另外，太陽能發電板的建造費用需在使用一段時間後才會回本。2013年一份學術研究顯示，過去15年間美國約有85隻老鷹因風力發電機而死。

雖然川普希望減少美國對中東石油的依賴，卻未考量國際石油價格下跌帶來的影響，還主張將美國原油出口合法化，國會已於2015年通過這項法案。他承諾會振興礦業、提升水力壓裂產能，可是水力壓裂帶來的便宜能源，正是威脅礦業的主因之一。總括來看，川普的論據似乎都與事實不符。

核能政策

美國環境保護署於2015年8月發布了清潔電力計畫，以遏制現有化石燃料發電廠的溫室氣體排放。根據此計畫，各州必須提交其計畫以遵守減排規定。該計畫支持使用風能和太陽能等再生能源，並允許向新核電廠提供貸



▲位於紐約市北方不到40公里的印地安點核電廠（圖：維基百科）

款，以及現有的核電機組升級。2016 年稍早，紐約州批准了一項補貼政策，明確承認現有核電廠的貢獻，有助於該州達成環保署減排規定的努力。

美國目前共有 61 個核電廠，99 座反應爐，也有幾項新核電廠正在興建。核能議題令人困擾，因為核能建廠支出相當龐大，且放射性廢棄物處理成本高昂，但核電因為溫室氣體零排放，可作為解決全球氣候變遷的政策選項。

美國核能研究所（Nuclear Energy Institute）發布的最新核電廠鄰近居民意見調查於 2016 年 5 月 26 日至 6 月 13 日間進行。隨機抽樣的 1,080 位受測者是從美國 60 個核電廠廠址附近的居民中選出，每個廠址都選出同樣多的人。調查人員用市話和手機進行訪談。家裡有人在核電廠工作的則沒有被列入。

1.對核能表示讚許的態度

經常接觸的結果：83%的核電廠鄰近居民偏好使用核能，而 2016 年 2 月受測的一般大眾只有 68%。核電廠鄰近居民（50%）強烈偏好使用核能的比例是一般大眾（27%）的兩倍。

2.對核能的偏好程度

「整體而言，你對於核能做為一種供給美國電力的方式，是強烈偏好，稍微偏好，稍微反對還是強烈反對呢？」

核電廠鄰近居民以正面的角度看待核電廠的特質：大部分的人會「極度的」把核能和穩定電力聯想在一起（72%），把核能與效率（65%）、創造就業（60%）、乾淨空氣（59%）、能源充足程度（57 %）以及合宜



▲美國白宮

的電力價格（54%）做連結。

川普雖曾表示他相當熱愛核能，但是他更支持大量運用化石燃料，可見未來新政府對於美國在國內和海外的核電計畫將有相當的影響。

結語

雖然環境與能源議題在美國民眾認知的重要性遠遠不如經濟、恐怖主義與就業問題，但前者本身就具有相當豐富的經濟意涵，不容忽略。而小布希與歐巴馬總統近 16 年來的執政經驗，顯示美國的能源政策不僅對國內，同時對國際都具有重大的影響。

川普目前的能源政策較集中在反對現有政策，對未來的能源發展和系統變革沒有提出清晰明確的策略，也充滿著不確定性。他的政權交接小組透露，川普正尋求以最快速的方式，退出已於 11 月初生效的巴黎氣候協議。

據瞭解，退出巴黎氣候協議原本需時 4 年，川普將尋求捷徑盡速退場，包括發函退出 1992 年簽署的巴黎氣候協議的「母約」，甚至不排除就職後直接發布行政命令，撤銷美國的簽署。有分析家認為，川普上任後，中國可望取代美國，領導全球在氣候變遷方面的合作。

巴黎氣候協議至 11 月 15 日已經獲得 109 個國家批准，這些國家的溫室氣體排放量占全球 76%，其中包括排放量占 18%的美國。

從競選承諾到執政落實，從「候選人」到「總統」，時間的變化和角色的轉換都將影響政策的形成與實施。無論如何，這位未來的白宮新主人動見觀瞻，全世界都在看，也隨時應變接招。

參考資料：

1. 陽光工匠光伏網，2016/09/28
http://www.21spv.com/news/show.php?itemid=20952
2.Money DJ, 陳凱豐，2016/07/27
http://blog.moneydj.com/news/2016/07/27/2016% E5% B9% B4% E7% BE% 8E% E5% 9C% 8B% E5% A4% A7% E9% 81% B8% E5% B0% 8D% E6% 96% BC% E5% 85% A8% E7% 90% 83% E5% A4% A7% E9% A1% 9E% E8% B3% 87% E7% 94% A2% E5% 92% 8C% E8% A1% 8C% E6% A5% AD% E6% 8A% 95% E8% B3% 87% E7% 9A% 84% E5% BD% B1% E9% 9F% BF/
3.Forbes, James Conca, 2016/08/16
http://www.forbes.com/sites/jamesconca/2016/08/16/will-a-president-hillary-clinton-close-down-nuclear-power-plants/#714e62165ff9
4.WNN News, 2016/11/10
http://www.world-nuclear-news.org/NP-US-moves-forward-after-election-1011167.html
5.MIT Science and Policy of Global Change, 2016/09/21
http://globalchange.mit.edu/news-events/news/news_id/595#.V_3IPfJ96hd
6. 風傳媒，傅莞淇 2016/05/27
http://www.storm.mg/article/123131
7. 美國大選的能源政治，倪世傑，2016/04/19
http://global.udn.com/global_vision/story/8663/1639333
http://global.udn.com/global_vision/story/8663/1639378
8.NGO 發展交流網，2016/08/02
http://www.ngocn.net/column/2016-08-02-70d275acf6344dfc.html

歷史性的一刻——巴黎氣候協議正式生效

文・編輯室



▲巴黎氣候峰會

在美國總統大選前 4 天，巴黎氣候協議已跨越了全球溫室氣體排放量超過 55%的國家簽署核准的門檻，於 11 月 4 日正式生效。比較令人憂心的是，美國總統當選人川普卻不太在乎能源議題，他認為全球暖化是個假議題，並誓言要取消遵守巴黎氣候協議。

巴黎氣候協議是在 2015 年 12 月於巴黎舉行的第 21 次《聯合國氣候變遷框架會議（UNFCCC）》中提出，致力於控制全球平均氣溫增加不超過攝氏 2 度，進而朝向限制增溫攝氏 1.5 度而努力。這項協議要能產生強制效力的門檻，必須在 9 月 21 日之前，197 個締約國中至少 55 個國家在國內獲得核准通過，以及總共占全球溫室氣體排放量 55%的國家批准。在同時跨越這兩道門檻之後 30 天，巴黎氣候協議才算正式生效。

根據聯合國氣候變遷框架會議的資料，10 月 31 日時，通過巴黎氣候協議的締約國是 62 國、溫室氣體排放量占全球 51.89%；隨後加拿大、紐西蘭以及歐盟陸續通過，締約國增加至 74 國，占比達到 58.82%。11 月 1 日歐洲議會投票批准部長的提案，聯合國氣候變遷框架會議執行長愛斯賓諾莎（Patricia Espinosa）表示，「對世界各地的民眾來說，

台灣減碳目標

法源：溫室氣體減量及管理法

目標	●2050 年溫室氣體減少到 2005 年一半 ●2030 年降至 2005 年標準再減 20%
步驟	「國家因應氣候變遷行動綱領」、「溫室氣體減量推動方案」通過→公布減碳目標與期程→ 5 年階段管制目標與期程→盤查與登錄→總量管制
6 大碳排部門	能源、工業（經濟部）、運輸（交通部）、農業（農委會）、住商（營建署、經濟部）、環境（環保署）
減碳考驗	●部門共識 ●低電價 ●再生能源受阻 ●民眾與企業同心支持

因應巴黎氣候協議，我國的減碳目標（資料來源：環保署）

這是歷史性的一刻，使巴黎氣候協議具法律效力的兩項關鍵因素，都已經達成。」她說，巴黎氣候協議生效的速度是「近來經歷的國際協議中前所未有的，這是各國對抗氣候變化重要性的有力證明。」

她補充道：「最重要的是，巴黎氣候協議的生效對於迫切加速實施氣候行動至關重要，現在需要實現一個更好、更安全的世界，並且支持實現可永續發展的目標。」

巴黎氣候協議的生效將產生各種效應，首先是啟動此協議的理事機構 CMA——巴黎氣候協議締約國會議的簡稱，CMA 將在聯合國年度氣候會議 COP22 中進行，該會議於 11 月 7 日至 18 日在摩洛哥的馬拉喀什舉行。

各國在通過巴黎氣候協議之前所提交的「國家氣候行動計畫（INDC）」今後將轉化成為「國家確定的貢獻（NDCs）」，各國政府也有義務採取行動，實現巴黎氣候協議中控制增溫的目標。

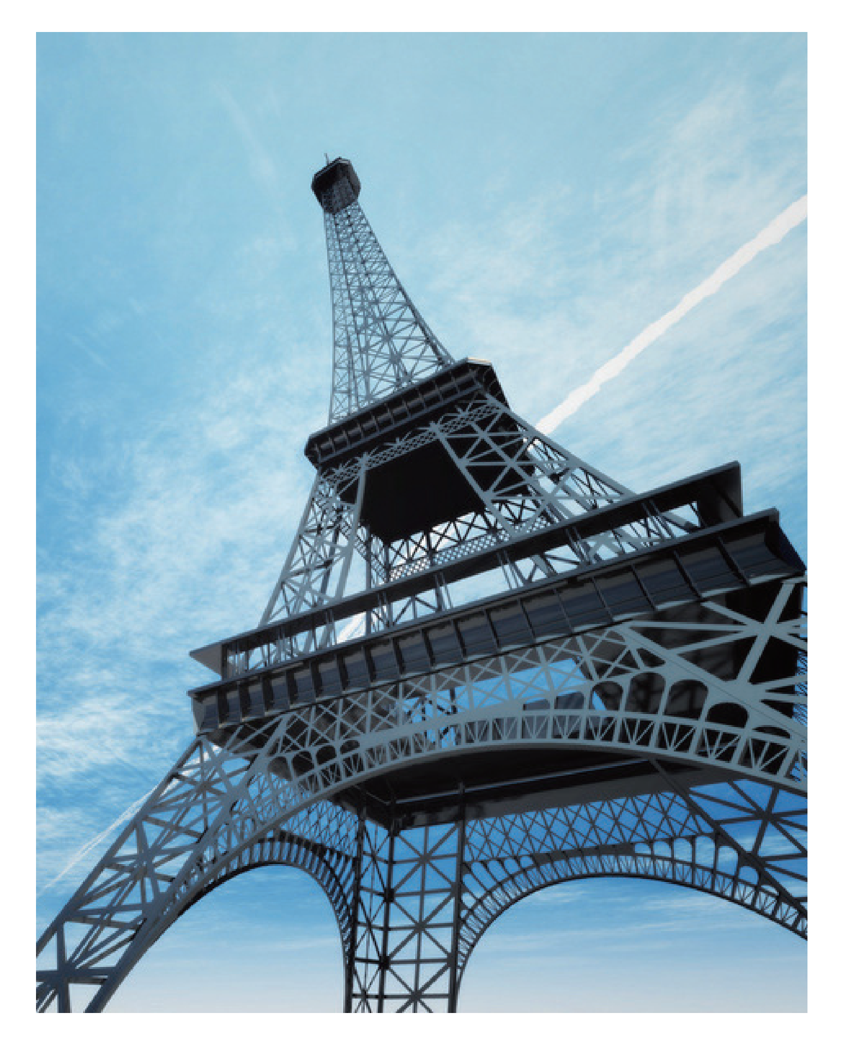
另一項重要的里程碑，是總結巴黎氣候協議的「執行規則手冊」，這份手冊將提出全球氣候行動報告和成本的藍圖。聯合國氣候變遷框架會議表示，這份執行規則手冊將可促進巴黎氣候協議全面實施，應該盡快完成。

愛斯賓諾莎表示，「巴黎氣候協議的生效不僅僅是邁出了一步，這更是一個非凡的政治成就；它打開了大門，讓全世界看到根本性的轉變，藉由各級政府、商業、投資和民間社會更強有力的行動，為氣候變化做準備並採取行動。」

各國政府批准巴黎氣候協議的承諾，大幅度減少了溫室氣體排放量，以限制氣候變化的影響。「這只有使用所有低碳電力來源，包括核能，才有可能發生。」世界核協會（World Nuclear Association）理事長瑞新（Agneta Rising）強調。

美國與中國在 9 月初的 G20 杭州峰會中共同批准了巴黎氣候協議，獲得國際間高度的讚賞，因為這兩國共占全球溫室氣體排放的 40%。11 月 3 日，美國總統歐巴馬在一份聲明中表示，這個世界創造了歷史，「如果我們貫徹巴黎氣候協議所體現的承諾，歷史將視為是地球的轉捩點。」

新任的美國總統川普，是否承認歐巴馬通過的巴黎氣候協議所規範的溫室氣體減量措施與目標，值得後續密切觀察。截至 11 月 9 日，通過巴黎氣候協議的締約國共 103 個國家。



台灣 2030 年將減碳 23%

我國 INDC 減量目標設定為：2030 年溫室氣體排放量為現況發展趨勢 (BAU) 減量 50%；這相當於 2005 年排放量再減 20%。根據「溫室氣體減量及管理法」的規範，我國須於「2050 年降至 2005 年排放量 50% 以下」，因此 INDC 設定先於 2030 年減至 2005 年的 20%，也可作為階段性努力的目標。

行政院要求交通、住商、農業等各部門，在 2016 年 10 月底提出初步溫室氣體減量對策。交通部預估至 2030 年排碳量須減少 23%，不過還達不到聯合國期待的標準。主要解決方案是大眾運輸翻倍、電動機車普及，農委會則將透過造林、推動沼氣利用等方式來達到減碳目標。

針對巴黎氣候協議正式生效，行政院環境保護署表示，我國溫室氣體減量及管理法已經從 7 月 1 日起公布施行，並依溫管法訂定 6 項子法、1 項公告及 3 項行政規則，推動查驗管理及抵換專案制度，另外將結合相關部會的獎勵補助規範，訂定排放源效能標準及自願減量誘因機制，以鼓勵事業減量行動。

環保署表示，將規範以 5 年為一期的階段管制溫室氣體減量目標，並設立溫室氣體階段管制目標諮詢委員會，以研訂溫室氣體階段管制目標及管制方式作業準則。

身為用電大戶的製造業，階段管制上路之後，恐將衝擊製造業與能源部門。經濟部指出，除了爭取最低成本以及「非齊頭式的減碳責任」之外，也會下修電力排放係數，同時加強再生能源推廣及低碳技術精進。

參考資料

1. 世界核能新聞網，2016/10/16，http://www.world-nuclear-news.org/EE-Paris-Agreement-enters-into-force-0610167.html
2. 聯合國氣候變遷框架會議，http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php
3. 行政院環保署，http://unfccc.epa.gov.tw/UNFCCC/chinese/
4. 行政院環保署，http://enews.epa.gov.tw/enews/fact_Newsdetail.asp?InputTime=1050830172357

《洪水來臨前》

文・編輯室



▲《洪水來臨前》（圖片來源：國家地理頻道）

一直聰明地利用自己明星的光環以及渲染力來宣導氣候變遷的奧斯卡金獎影帝——李奧納多（Leonardo DiCaprio），以聯合國和平大使的角色，在日前於巴黎舉行的聯合國氣候變遷大會時舉行演說：「現今遍布全球的空氣汙染，正造成大氣溫度快速上升，這將成為全球人類最大的隱憂，隨之而來的各種自然反撲是我們無法預期的，最糟糕的是，如果再這樣下去，地球可能最後會變得無法生存」，沉痛的表示全球暖化實屬「正在進行式」，呼籲全球必須正視這個問題。

李奧納多在 2000 年前就已創立自己的環保組織，投身環保公益事業，內容涉及全球暖化、水資源保護、震災救援、維持生物多樣性等項目，不間斷地參與各種環保議題相關活動。2007 年，李奧納多親自擔當編劇、旁白、監製，拍攝了自己首部環保題材的紀錄片《第 11 個小時（The 11th Hour）》；2014 年，李奧納多在紐約獲聯合國秘書長潘基文委任「聯合國和平大使」，關注氣候變遷議題；而在今（2016）年 10 月底，李奧納多透過國家地理頻道，發行了他第二部環保題材的紀錄片—《洪水來臨前（Before the Flood）》。

《洪水來臨前》以一幅李奧納多童年回憶裡的「伊甸園」的畫為開頭，這幅畫分成了三個部分，分別描述了亞當、夏娃在伊甸園中

與各種動物和諧相處，人類因人口劇增而產生各種無節制的行為，以及人類遭受大自然反撲，伊甸園最終毀滅的畫面，用該幅畫來隱喻「人類即是造成如今氣候變遷的元凶」。

該部紀錄片提到，如果我們要有效對抗氣候變遷，我們必須先知道「絕大多數的經濟體都是建立於化石燃料上」，石油替所有的交通運輸工具提供動力，煤炭與天然氣則幾乎是所有電力的生產來源。大量化石燃料的開採導致大片森林遭到砍伐，土地被炸開，水資源受到有毒物質汙染，對環境的傷害非常嚴重。李奧納多在年輕時與美國前總統高爾會面時，高爾告訴他：各種交通運輸工具、城市的建立、食物的生產、幾乎人類做的所有事情，都會釋放溫室效應的元凶——二氧化碳。

隨著溫室效應的加重，南北極冰棚正逐漸地在融化，海平面也隨之上升，全球氣候異常將更為危險，加劇的洪水、乾旱以及森林大火等，這些都是目前我們每年都在面臨的災害。紀錄片中其中一位專家表示，因為我們過度的燃燒化石燃料，導致全球氣溫持續升高，如果現今的狀態再不改善，格陵蘭島將會消失，2040 年時我們將可以在北極圈乘船橫行，因為到時夏季的北極海將不會有任何冰山存在。

北極就像是北半球的空氣調節裝置，如



▲ 生產每 1 磅的牛肉等於釋放了 19 磅的溫室氣體（圖片來源：國家地理頻道）

果北極完全溶解，隨之而來的洪水與乾旱，以及物種的滅絕，都將是我們無法想像的。美國東部的邁阿密、紐澳良、波士頓，以及加州的長灘，都將會是海平面上升下的第一批犧牲者。佛羅里達州南部今日已需面臨海水自排水系統倒灌的問題，而且還是在大晴天的情況下，佛羅里達州必須花費大量的資金來墊高陸地以及安裝抽水裝置，這也導致該州必須提高稅金的徵收，但這些裝置卻只能替居民多爭取 40-50 年的時間。

僅北京周圍地區，加上山東半島每年消耗的煤炭竟相當於全美國的煤炭消耗量，中國這幾年也因嚴重的空氣汙染影響到生活日常，越來越注重氣候變遷這個議題，居民開始因為環境議題發起遊行抗爭。媒體以及居民所帶來的壓力，迫使中國的工業、甚至政府，必須做出改善，工廠必須每小時檢測周圍空氣品質，並將數據上傳至網路供民眾察看，政府也因此改變其再生能源的政策，開始推動使用非化石燃料的潔淨能源來發電。

身為世界第三大碳排放國家的印度，至今仍有 3 億的居民處於沒有電力可使用的生活狀態（這相當於整個美國的人口），7 億的家庭燃燒牲畜的排泄物來烹煮食物。片中所採訪的印度科學家表示，印度現今最重要的優先順序仍是開發城鎮，讓人民脫離貧困。煤炭很便宜，這是所有人都知道的事情，但他們沒有辦法去跟一個連下一餐都不知道在哪的印度人說：「嘿！我們要抑制氣候變遷，所以我們改用（價格高昂的）太陽能來發電吧。」講述了開發中國家正面臨的難題。

不是只靠理論來說服觀看紀錄片的人，而是親自移駕至世界各地，李奧納多將他看到的、體驗到的都記錄下來，片中說到他在拍攝《神鬼獵人》期間，原定在加拿大的雪帶拍攝有雪的場景，但當時的氣溫卻將運送來的雪都融化了，他們只好移師至半個地球外的阿根廷才完成拍攝。另外，這部片還記錄了吉里巴斯共和國（位於西太平洋的島嶼國家）正面臨被淹沒的危機；印度在 5 個小時內遭受同等於半年的降雨量侵襲，種滿農作物的農田變得有如池塘一般；印尼的森林為了要種植大量的棕櫚樹而不斷地被夷平，居住於森林內的稀有動物也因此受到迫害；全球的珊瑚礁因為地球暖化而在過去 30 年間減少了一半的數量，周圍的生態系統也跟著受到影響，包括了以捕魚為生的漁民等等；片中更詳細解說了海洋與森林在地球上扮演著重要的角色，但我們卻無視他們的重要性。

更諷刺的是，美國許多政治、公眾人物並不相信全球暖化，李奧納多在紀錄片中不惜直接點名美國多名政客（包括剛贏得 2016 總統大選的川普）與數間石油企業，以及生產棕櫚油產品的公司等，揭發美國政治人物自各石油關係企業中獲利的情形，並呼籲我們應該抵制棕櫚油產品，來拯救為了種植棕櫚樹而遭到大量砍伐的森林，鼓勵減少吃肉，不要浪費食物，節省紙張與電力，購買當地生產的貨品等我們每天都可以做到的事情；另一方面，他也希望各國家能注重永續能源的發展以及徵收「碳稅」，降低化石燃料的使用，希望能在洪水來臨前扭轉現況。

看完這部紀錄片，我們是否應該想想，我國現今在不能加重火力發電，再生能源電力亦無法穩定供電，又要捨棄核電的情況下，我們究竟要用什麼來當作基載電力的來源呢？

參考資料

National Geographic Channel. “Before the Flood.” 2016/10/30.Web.

中國核電廠的安全管制通報

文・編輯室



▲寧德核電廠（圖片：中廣核集團）

中國國家核安全局（後簡稱中國核安局）10 月 21 日的通報表示，近期若干核電廠在運轉期間發生由於人為疏忽導致的運轉異常或運轉事件，甚至觸發反應爐停機。中國核安局一共通報 16 起事件，有好幾座核電廠被公開點名，其中福建寧德核電廠就有 5 起。

根據中國核安局官網發布的《關於近期核電廠人員行為導致運轉事件情況的通報》（後簡稱《通報》），有多個核電廠人員違反程序誤操作導致的運轉事件，其中包括寧德核電廠現場操作人員誤開閥門，導致排氣煙囪總 β 活度超出化學技術規範限值、寧德核電廠化學人員取樣錯誤導致穩壓器液相硼濃度失去定期監測、陽江核電廠調試人員誤操作公用機組防火分區風門動作按鈕，導致已運轉機組碘排風迴路不可用等。

同時，還有多個核電廠人員誤碰導致的運轉事件：田灣核電廠搭設鷹架人員誤碰汽輪機調節油系統泄油閥觸發停爐、防城港核電廠清潔人員誤碰主蒸汽隔離閥觸發停爐等。

寧德核電公司的回應

寧德核電公司 26 日晚上回應表示，本次公布的 0 級運轉事件，是根據中國的核安全法規和國際核子事件分級表，在事件發現後，主動向國家管制部門報告，並在事件發現並確認為 0 級事件的 2 個工作日內，於該公司官網公開事件資訊。

國際核子事件分為 1-7 級，其中 1-3 級為事件，4-7 級為事故。0 級事件是國際核子事件分級 1 級以下的非等級事件，屬於「無重要意義」、無安全顧慮，僅供管制部門糾正偏差和經驗回饋，公眾不必為此過分擔憂。

中國核安局的分析評估表明，相關事件的主要原因是核電廠營運單位品質控制發生疏漏、報警回應與參數監視不到位、風險分析和防範應對不充分、雙機組關聯工作不協調、安全重要記錄不規範、人員技能不足、未按程式操作、經驗回饋措施未有效落實等。

被通報的 16 起事件中，與寧德核電廠有關的共有 5 起。除了現場操作人員誤開閥門導致排氣煙囪總 β 活度超出化學技術規範限值運轉事件，與化學人員取樣錯誤，導致穩壓器液相硼濃度失去定期監測運轉事件之外，其餘 3 件是：維修人員誤拔通訊櫃光纖插頭，導致電廠電腦資訊和控制系統（KIC）不可用的運轉事件；運轉人員誤碰 48V 直流電源系統配電盤開關，產生多個隨機第一組 IO 的運轉事件；施工人員多次誤碰閥門傳動鋼纜，導致應急柴油發電機組日用燃油罐排空的運轉事件。

依《通報》要求，各營運單位應充分汲取經驗教訓，進一步加強核安全文化的建設，加強經驗回饋，深入的分析研究典型事件，採取有效措施，避免事件的重複發生等。

寧德核電公司表示，《通報》對核電企業安全管理而言，有良好的督導和促進作用；該公司已針對相關事件，組織分析、展開糾正偏差和經驗回饋，同時將以此為鑒，進一步加強安全文化建設，針對性地開展防人因失誤技能培訓，持續提升機組安全管理水準。

寧德核電廠是福建第一個開工建設的核電計畫，規劃總裝機容量為 6 座百萬瓩級核電機組。一期規劃建設 4 座單機容量為 108.9 萬瓩的核電機組，總裝機容量為 435.6 萬瓩，全部建成後年發電量約可達 300 億度。

中國核安局如何看待運轉事件通報

這次中國核安局的核電廠運轉事件例行通報，再度觸動公眾的敏感神經。對此，中國核安局核電安全管制司司長湯搏 10 月 26 日對媒體說明，這只是一項常規的資訊公開，中國各核電廠的運轉事件只要達到核安全法規的報告準則就必須上報至中國核安局，目前接到的事件報告大部分是 0 級事件，公眾不必為此過分擔憂。

10 月 21 日，中國核安局在官網發布的《通報》中，在對部分典型事件進行分析之後，中國核安局對核電廠提出了強化核安全意識、提高工作人員技能水準等一系列的要求。

從 90 年代開始，中國就一直在實施核電廠事件報告制度，過去由於條件所限，各核電廠上報的歷次運轉事件都是匯總於每年公布的核安全年報中。現在中國核安局在接到核電廠運轉事件報告後，資訊公開透明較以往更為及時。

事件通報僅為常規的核安全資訊公開

湯搏對媒體說明，《民用核設施監督管理條例》的實施細則之一《核電廠運轉單位報

告制度》中，對各核電廠必須向核安全局報告的運轉事件有詳細規定 — 即「只要達到報告準則就要報給核安全局。」

《核電廠運轉單位報告制度》顯示，核電機組運轉時，必須滿足核電廠技術規格書規定的運轉限制條件。一旦出現偏離，或者某個安全重要系統或設備不能使用或運轉參數不符合規定值，並在規定時間內不能恢復正常而導致停爐，必須向中國核安局報告。營運單位則必須在事件發生後 24 小時內，口頭通報中國核安局與所在地區的監督站。

此外，《核電廠運轉單位報告制度》規定，營運單位應以公函形式在事件發生後 30 天內，向中國核安局與所在地區監督站遞交事件報告。報告內容應包括：核電廠名稱與核電機組編號、事件報告編號、始發事件、事件發生時間與結束時間等。對於複雜事件，如果中國核安局認為原事件報告不夠詳細，營運單位應該根據所指定的範圍與內容提交補充報告。

針對《通報》中所羅列的核電廠運轉事件，中廣核集團新聞發言人黃曉飛回應媒體表示：「本次公布的一批與中廣核集團相關電廠的 0 級運轉事件，都是我們根據核安全法規和國際核子事件分級表，在事件發現後，主動向國家管制部門報告的事件，在事件發現並確認為 0 級事件的 2 個工作日（節假日 72 小時）內，我們還主動在相關核電廠官網的『核與輻射安全資訊』欄中公開了事件資訊。」

黃曉飛表示，安全是核電的生命線，中廣核集團高度重視現場的每一項工作，發現任何與技術規範有偏差的情況，經反復核查後，都會及時、主動地向國家管制部門報告。「我們已針對相關事件，認真組織分析、展開糾正偏差和經驗回饋。同時，我們將以此為鑒，



▲防城港核電廠（圖片：中廣核集團）



▲田灣核電廠（圖片：中國核工業集團）

進一步加強安全文化建設，針對性的展開防人因失誤技能培訓，持續提升機組安全管理水準。」

據瞭解，對於發現的運轉事件，如果隱匿不報，後果會非常嚴重。火力發電、甚至任何其他工業專案，安全管制標準都沒有核電行業高。之所以要公開 0 級事件，一方面是出於資訊透明公開的要求，另一方面，也是為了提供其他核電廠經驗回饋與警示。

中國核電 22 年無事故

根據國際原子能總署的資料顯示，自 1986 年車諾比事故發生後，僅 3 個國家加入核電的隊伍，分別是中國、墨西哥和羅馬尼亞。因此中國的核電安全標準定得相當高。

自 1994 年 2 月 1 日大亞灣核電廠正式商業運轉以來，中國目前運轉中的核電機組數達 34 座。根據國際原子能總署的評核，中國核電商業運轉至今 22 年期間，從未發生過 2 級或 2 級以上的核子事件或事故。

參考資料

核能信息實時網，2016/10/26-27

1. http://realtime.xmuenergy.com/newsdetail.aspx?newsid=115811
2. http://realtime.xmuenergy.com/newsdetail.aspx?newsid=115812
3. http://realtime.xmuenergy.com/newsdetail.aspx?newsid=115806

龍門核電廠管制現況報導

文・編輯室

01.8 月 9 日原能會函覆台電公司同意龍門電廠 1 號機反應器廠房，廠用海水泵出口段銲道滲水修理案。

02.8 月 10 日原能會召開「龍門電廠 1 號機興建期間檢查改善結果報告與封存期間 FSAR 修訂作業討論會」。

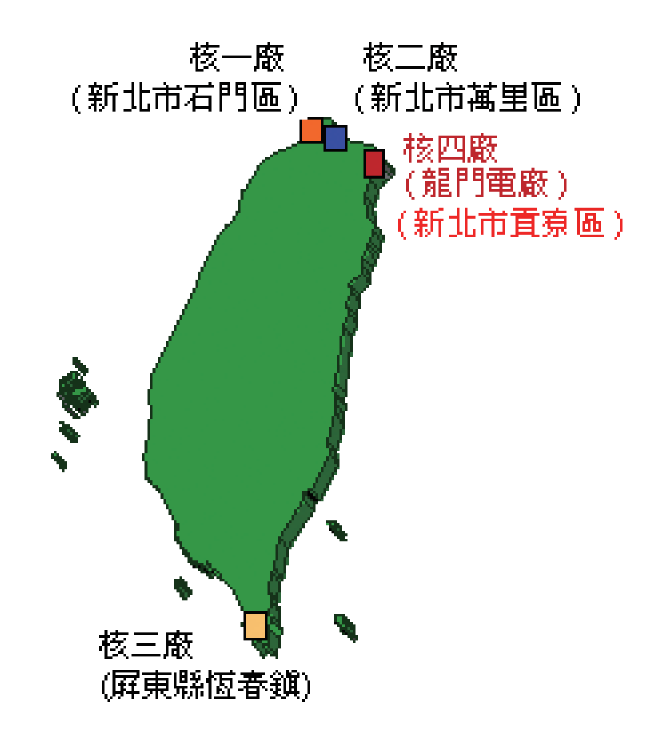
03.8 月 15 日原能會函覆台電公司「龍門電廠 1 號機興建期間檢查改善結果報告」(第一階段)之審查意見。

04.9 月 8 日原能會於龍門電廠召開第 7 屆核能四廠安全監督委員會第 8 次會議。

05.9 月 26-30 日原能會赴龍門電廠執行龍門計畫第 64 次定期視察計畫，就 1 號機計畫性系統維修作業，以及 2 號機封存期間儀電設備維護管制與監測計畫執行現況等進行視察。

06.10 月 14 日原能會召開「龍門電廠 1 號機系統功能試驗報告審查現況討論會」，就龍門電廠 1 號機系統功能試驗報告，後續仍待釐清與補充資料之報告與時程進行討論。

07.10 月 26 日台電公司赴原能會說明龍門電廠封存預算刪減，及封存期間延長等之因應措施方案。



龍門核電廠		
額定熱功率(MWt)	3,926	
裝置容量(MWe)	1,350	
反應器型式	奇異公司進步型沸水式	
汽輪發電機廠商	三菱公司	
工程設計	石威公司	
圍阻體型式	鋼筋強化混凝土型	
建廠許可日期	1 號機	2 號機
	88/03/17	88/03/17

日本放射線醫療的現狀

著・赤羽惠一　譯・朱鐵吉



1895 年侖琴發現 X 射線以來，放射線在現代醫療領域中占有極重要的地位，尤其是在診斷和治療方面。隨著科技的進步，醫療放射線技術走向高度精密化，正確和清晰的醫學影像，提升了診斷和放射線治療技術，人們受其恩惠，得到了疾病診斷和治療的絕佳效果。

2015 年日本平均壽命男性 80.79 歲、女性 87.05 歲，是歷年來最高，部分得助於放射線治療高度進步的成果。目前，日本癌症生存率，以全部器官 5 年相對生存率，2006-2008 年的診斷病例，男性 59.1%、女性 66.0%，男女估計為 62.1%。

另一方面，放射線治療的高度技術化，伴隨著產生多方面的課題，因診療而被輻射照射的形態和種類增加了不少，有關醫療放射線的防護需視個別情況須採取因應措施。

聯合國原子輻射影響效應科學委員會（UNSCEAR）的報告書指出，由於醫療放射線擴大利用，導致在人們集體輻射劑量中占最大的份量，所以醫療曝露防護的重要性已越來越受重視。

日本輻射醫療的現況

1.醫療設施及相關工作者

（1）全體

日本厚生勞動省 2014 年 10 月 1 日統計指出，共有 17 萬 7,546 個放射線醫療設施，其中醫院占 8,493 個設施（一般醫院 7,426 所、精神科醫院 1,067 所），一般診所有 10 萬 461 所，牙科診所有 6 萬 8,592 所。一般醫院 7,426 所中設有放射線科為 3,393 所，一般診所 10 萬 461 所中有放射線科者 3,865 所。

從事醫療者，醫院醫師及牙科醫師共有 21 萬 112 人及 1 萬零 6 人。一般診所醫師 13 萬 678 人、牙科醫師 1,883 人。牙科診所內醫師 173 人、牙科醫師 9 萬 6,574 人。從事診療放射技術技師，在醫院者有 4 萬 2,257 人，一般診所 8,702 人，診療 X 射線技師在醫院及診所分別有 180 人和 1,175 人。護理師在醫院、一般診所及牙科診所，分別為 76 萬 7,700 人、11 萬 610 人及 621 人。

目前還沒有實施國家資檢考的醫學物理士，2016 年 5 月 31 日已認定者共有 959 人。

（2）放射線診斷

根據日本醫療法，醫院必須裝置 X 射線設備。依日本醫學放射線學會的專門醫師一覽表（放射線診斷專門醫師、放射線治療專門醫師）指出，2015 年 10 月 1 日止，放射線專門醫師共有 6,342 人（含治療專門醫師）。另外，日本 X 射線電腦斷層攝影專門技師認定機構所認定的專門技術師共有 2,768 人。

（3）核子醫學

在一般醫院中共有 1,137 所放射性同位素掃描裝置、28 所醫院有正子攝影（PET）裝置以及單光子電腦斷層掃描（SPECT），分別有 1,054 和 19 部。PET 設施的數量在一般醫院中有 72 台占比為 0.8%，一般診所有 29 台。

PET/CT 裝置在一般醫院有 346 台占 3.7%，而一般診所有 100 台。

日本核子醫學會指出，核醫專門醫師目前有 1,284 人，PET 方面的醫師為 1,731 人，至 2015 年 9 月 5 日止，PET 設施數量為 367 台。至於已獲認定的核子醫學專門技師有 549 人。

（4）放射線治療

一般醫院擁有放射線治療體外照射設施者，共有 804 所。其中直線加速器（Linac）和電子迴旋加速器（Microtron）共有 728 個設施（922 台）、加馬刀和電腦刀（Cyberknife）有 85 個設施（90 台）。

對腔內、組織內照射的有 183 個設施，高劑量率小射源治療（RALS, Remote After-Loading System）有 163 個設施（169 台）。一般診所，體外照射的設施有 30 個設施，腔內和組織內照射有 3 個設施。

日本醫學放射線學會網頁中，登載著 176 名放射性專門醫師的姓名。被認定的放射線治療專門技師有 1,527 人。

2.放射線醫療的現況

（1）放射線診斷

放射線診斷種類很多，例如胸部 X 光攝影、X 光電腦斷層攝影（Computed Tomography）、使用鋇化合物做消化管的 X 光攝影，專門裝置（乳房攝影）的乳房攝影術（Mammography），X 光透射下血導管的診斷及治療、牙科治療的 X 光攝影術。

以往是用 X 光攝影後檢查影片的方式，但隨著電腦的進步，目前已不用影片而改數字化攝影呈現在螢幕上。醫學影像的技術，針對個別器官與部位一再的發展數位化影像，被輻射照射的劑量也逐漸降低。實際上數位化攝影，不會增加 X 射線的量。

但是，最近防護認知越來越受重視，一再開發新的攝影裝置，期能減少輻射劑量、提

高影像品質。例如X射線的電腦斷層攝影，伴隨著計算機性能的提高，影像的處理達到最實用化，比以前減少輻射劑量可能得到清晰的影像。

非游離輻射的核磁共振（MRI）及超音波檢查，其高度化的技術亦能得到高精密度的診斷影像。

（2）核子醫學

核子醫學是將放射性藥品投入患者體內後，進行治療或診斷的醫療作法。核子醫學診斷，向來是由放射性核種放射加馬（γ）射線而獲得影像。正子攝影術是利用核種放出的正子，在體內和電子進行互毀反應作用，產生成對γ射線，做醫學檢查而得到影像，名稱為正子發射斷層掃描（Position Emission Tomography, PET）。現在已進步到將CT和PET裝置合併做成正子電腦斷層造影（PET／CT）裝置，開啟臨床分子醫學影像新紀元。放射性藥品（PET製劑）可供吞嚥、吸入或注射進體內而發射正子造影，PET／CT受到廣泛的應用。

核子醫學治療，授與放射性藥物治療，用於內用療法。目前日本治療甲狀腺機能亢進症和甲狀腺癌是用碘131，緩和轉移至骨骼疼痛用鍶89，另外淋巴腫大的免疫療法則用釔90放射性藥品。

3.輻射治療

（1）輻射治療的種類

輻射治療分體外照射和體內照射兩類。

體外照射除了用放射性核種產生的γ射線照射治療外，其他用直線加速器裝置產生的X射線以及電子射線照射腫瘤。隨著時代進步的手法多樣化，如定位輻射治療（SRT：Sterotactic Radiotherapy）、強度調控輻射治療（IRMT：Image Guided Radiotherapy）等高度技術化，依腫瘤類別選擇治療方式。



體內輻射治療，是將放射性核種插入體內的小射源治療（brachy theory）法。對於照射範圍施予劑量多少，事先要做高度精密的計畫才能實施照射。

向來是以質子和粒子射線治療腫瘤，又有硼元素藥物投入患者，以中子射線照射腫瘤細胞，硼捕獲中子產生α射線治療腫瘤，此方法稱為硼原子捕獲療法（BNCT：Boron Neulron Capture Therapy）。粒子射線治療是以碳元素或質子射束照射腫瘤殺死腫瘤細胞的治療方法。以往僅用光子射束（X射線及γ射線）和電子光束治療腫瘤，其缺點是入射面的劑量極高，而到達體內深部則劑量較低。另外，碳和質子的粒子射束有其特性，當射束到達體內深部才會將輻射能大量釋出，所以身體表面受到劑量較低，這是粒子射束具有的布拉格高峰（Bragg peak）的物理特性，應用在治療腫瘤細胞可以得到很好的效果，而對皮膚淺部組織產生低劑量，減少輻射傷害。

日本的粒子射束設施，如千葉的HIMAC（Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba）是此方面治療的先驅，其名稱為日本國立研究開發法人量子科學技術研究開發機構放射線醫學總合研究所所擁有的重粒子射線治療裝置。1994年6月開始實施重粒子射線治療的臨床試驗，1999年3月設立重粒子醫學科學中心。2003年11月開始稱為先驅醫療法。就醫的患

者數目，自1994年6月至2014年3月為8,227人。

目前，日本擁有5部重粒子射線（碳粒子射線）設施——放射線醫學總合研究所、群馬大學醫學部附屬醫院、神奈川縣立癌症中心、兵庫縣立粒子射線醫療中心和九州國際重粒子癌治療中心。質子射線治療設施共有11部設施——北海道大學醫院、南東北癌症質子射線醫學利用研究中心、筑波大學附屬醫院質子射線醫學利用中心、國立癌症研究中心東醫院、相澤醫院、靜岡縣立質子射線癌中心、福井縣立醫院質子射線癌治療中心、名古屋質子射線治療中心、Medipoilis國際質子射線癌治療中心（九州鹿兒島縣指宿市）、兵庫縣立粒子射線醫療中心、岡山大學津山中央醫院共同運用癌質子射線治療中心，包括粒子射線治療設施合計15個設施（兵庫縣立粒子射線醫療中心，具有能產生碳粒子和質子射線）。

在國際間，德國設有重粒子射線治療設施（GSI：Helmholtzzentrum fur Schwerionenforschung），以及Heidelberg大學醫院亦設置重粒子射線治療設施。義大利重粒子射線治療中心、中國近代物理研究所亦設有重粒子射線治療設施。

正在建設與計畫中的有：法國ETOILE計畫、澳大利亞Med-ASTPON計畫、韓國原子力醫學研究院、沙烏地阿拉伯、上海、台北、美國柏克萊、科羅拉多、梅約（Mayo Clinic）總合醫院等，將計畫建設重粒子射線治療設施。

日本已有15部粒子射線設施在運轉中，與他國比較數目很多，也積極地進行應用與臨床研究。

輻射醫療的課題

1.全面性

輻射防護的體系是由國際放射防護委員會（ICRP）所擬定提出的建議，供各國作為制定輻射防護法規的重要指引。日本現行的輻射防護法是依據ICRP60號建議書制定，其他國家已開始採用ICRP103號建議書正在改訂中，國際原子能總署（IAEA）的基本安全基準（BSS）據ICRP103號修正反映出新建議的做法。

日本現行的職業曝露、公眾曝露是依據ICRP60號的建議書制定的法規，2007年ICRP103號建議書如何引入法規，目前正由日本放射審議會檢討中，已提出中間報告。但是2011年3月受到福島核災的影響，中斷了審議的工作，迄今還未重啟討論。

關於醫療曝露，對患者的醫療曝露的防護訂有直接的法規。患者的輻射防護是依照輻射治療的現場狀況，工作人員依最佳的判斷而做好防護工作。ICRP建議患者的防護適用診斷參考基準。由各輻射診斷曝露的劑量數據分布，依參考基準，若攝影的劑量超出時，則檢討盡可能設法減低被照射的值。世界上許多國家採用診斷參考基準，日本的法規現階段尚未採用。

2.輻射診斷

用同樣種類的輻射診斷，每個人所接受到劑量有非常大的差異。醫療曝露法規沒有規定輻射防護的重要事項，由操作人員依情況採取最佳的因應措施。

2015年6月，由醫療曝露資訊網路（J-RIME事務局：放射醫學總合研究所）主導和11個學會合作，舉行研討會討論出診斷參考基準（依據日本最新國內實態調查結果，設定診斷參考基準Japan DRLs 2015）。越來越多相關的學會採用此參考基準，今後將逐漸普及。

3.核子醫學

核子醫學是對患者投予放射性藥物的劑量評估，依患者不同儘可能調整投藥量。但是，2011 年日本公立醫院曾經判明，對兒童患者授與放射性藥品有過量情形。因此，核子醫學研究人員對放射性藥品的投與量，以及患者的輻射防護有了重要的認知，應儘量計算出適切的投與量。2013 年日本核子醫學會對兒童核子醫學檢查提出適切的指引，但是對成人患者（Japan DRLs 2015），實際上在醫療現場的應用尚有一些值得研究的課題。

4.輻射治療

輻射治療與放射的診斷、核子醫學相比，是使用較高輻射劑量的治療方法。因此，錯誤的照射對患者會造成極大的影響。日本於 2001-2004 年調查輻射治療，有照射過量和過少的事件，而體認到構築安全管理體制的重要性。因此，日本輻射治療相關團體──日本醫學物理學會、日本醫學放射線學會、日本診療放射線技術會、日本放射線技術學會和日本放射線腫瘤學會，互相推舉設立「放射線治療品質管理委員會」。後續成立放射線治療品質管理士認證制度，至 2016 年 3 月 28 日，已有 1,116 人擁有放射線品質管理士的資格。

輻射治療有關的職業有醫師、診療放射技師和醫學物理士，從事輻射治療儀器的品質管理、輻射度量，是輻射診療物理方面的專門職業，負有管理監督的職責。在國際上，是國際勞工組織（ICO）所認定的職業種類。在某些國家是很活躍的職業，IAEA 的 BSS 也載明其貢獻。

日本醫學物理學會、日本放射線學會和日本放射線腫瘤協會等，設立財團法人醫學物理士認定機構，以考試方式認定醫學物理士的資格，但是尚未獲得日本的國家資格認定。醫學物理士的活動，限定於輻射治療方面。

對於粒子射線治療，須檢討粒子射線特性及防護方法。日本醫療施行規則訂有診療用高能量輻射裝置的防護細則。ICRP 於 2014 年 127 號出版品中，也提出粒子射線防護的建議書。

在日本，粒子射線的輻射治療費負擔很重，只有兒童在治療骨軟部腫瘤適用於保險支付。一般而言，輻射治療的成績一再提升，治療後能存活的時間備受期待。因此，輻射治療引起的二次癌問題受到關注，所以防護工作是極重要的事。

5.其他

日本目前癌症患者實行「地區癌症登錄」和「院內癌症登錄」，以蒐集癌症患者的數據。並於 2016 年 1 月開始實行「全國癌症登錄」，蒐集全國性的資訊。

日本放射線腫瘤協會從 2015 年開始實施放射線治療病例全國登錄（JRCO），這些醫療資訊的數據庫提供相關者運用，對放射線診療提升有良好的效果。

結語

放射線診療技術一再的進步，雖對增進人體健康有很大貢獻，但是也衍生了許多課題，隨時都要設法採取因應措施。對和放射線診療相關者，需適切的提供最新的資訊，使醫療的安全能得到高度技術支援。所以，相關的組織和專家們能提供新知，協助大家提高技術是非常重要的事。放射線醫療最重要的核心是「利用」和「防護」，希望這種最先端的技術能更加進步，予以人類重大的福祉。

參考資料

赤羽惠一，“放射線醫療の現状と課題”，Energy Review. Sept.2016: Vol.36, No.9, p.7-11.

沙烏地阿拉伯的核能之路

文・編輯室



全球最大的石油出口國——沙烏地阿拉伯，在近幾年宣布要加入核能發電的行列，將在未來的 20 年內興建 16 座核電機組，並將大幅地增加太陽能發電，來減少國內化石燃料的使用，爭取更多的石油出口。

根據《富比世》以及《華爾街日報》的報導，沙烏地阿拉伯電力消費的成長速度比任何中東國家都還要快速，而且該國家近 99.99% 的電力都是依賴燃油與天然氣來生產。據了解，沙烏地阿拉伯年度電力消費在 2014 年時就已超過 2 千億度，但 Gulf 研究中心預估，沙烏地阿拉伯到 2030 年的電力消費，將達到現在這個數字的兩倍。

沙烏地阿拉伯的電力主要使用在淡化海水（脫鹽）與民生降溫。該國擁有全球最大的熱能海水淡化廠，每年淡化的海水超過 2,500 億加侖，每人每日平均用水量 250 公升，但這個數字未來將因為人口與工業化的增加而成倍數

成長。另外，民生用電所占的比例超過全國的一半，每人每年的平均用電超過 6,000 度，使其在中產階級中占有非常穩固的位置。不過，雖然沙烏地阿拉伯現年生產的石油量驚人，但國家人口與都市化的成長，都將為其未來石油的產量帶來不小的壓力。

沙烏地阿拉伯在 1960 年時僅有 4 百萬的人口，到 2014 年時已有將近 3 千萬，在波斯灣阿拉伯 6 個國家（Gulf States）中，是主要的電力生產與消費者，燃油與燃氣發電分別占國家電力生產的一半，太陽能發電占不到 0.01%，而用在淡化海水所需要的電力有接近 6 成都是來自燃油，所以沙烏地阿拉伯所生產的石油，其實有 1/4 是用在國內。然而，隨著國家經濟的發展，所需要的電力只會越來越多。

國內電力需求高升

根據世界核能協會（World Nuclear Association）的報導，沙烏地阿拉伯的電力需求每年的成長率約為 8%，現今發電量已超過 3 千萬瓩（30 GWe），預計 2020 年時最高將達到 7 千萬瓩，在 2032 年達到 1.2 億萬瓩（120 GWe）。國家能源部門也於去年底表示：「沙烏地阿拉伯目前每年的國內能源需求成長介於 6-8% 之間，預計 2040 年時該國將需要提升其發電量至 8 千萬瓩」。他們也因為 60 Hz 的電網頻率，電網連接的發展因此受到限制，導致其無法進行電力的進、出口。

為了滿足國家的能源需求，沙烏地阿拉伯能源部門已對國家能源結構進行了重組，以激勵政府與民間在能源方面的投資。工業用電消費者現在可以自己生產電力，並可將剩餘的電力賣回給政府，但能源部門最大的改變則是對再生能源及核能發電的關注。沙烏地阿拉伯覺得，核電與太陽能特別適合共同生產電力與熱能（用於淡化海水），而這個能源組合也已成為沙烏地阿拉伯能源戰略的核心。

因擁有超過 50 萬平方英里乾燥、無雲的土地，使得沙烏地阿拉伯非常適合使用太陽能來發電。但是，要在距離主要人口中心較遠的地方大規模地使用再生能源發電，必須擁有足夠的基載電力來支撐，而這即是核能發電的優勢。

沙烏地阿拉伯的官員說：「核能的發展對於滿足國家電力需求、生產脫鹽的水、減少對碳氫化合物資源的依賴，是必要的」。至於建廠地點則有可能選在位於波斯灣的 Jubali，以及紅海的 Rabuk 與 Jizan，使用核電來淡化海水。

由於沙烏地阿拉伯每年燃燒近 10 億桶石油來生產電力，能否改變對其經濟前景至關重要。與自行燃燒發電相比，將石油賣給中國與西方國家可獲得更大的利潤。用來生產電力的石油成本因為受到政府大量的補貼，濫用率提高，效率也因此降低，對總體 GDP 有害（根據經濟部資料顯示，沙烏地阿拉伯 2011 年因補貼石油與天然氣所造成的油氣收入損失超過 800 億美元）。沙烏地阿拉伯官員擔心，目前國內石油使用量增加的趨勢，在未來幾年內就會對國家經濟體造成損害，因此這項改變是非常急需的。

然而，在爭取使用核能以及再生能源來取代石油以及天然氣發電這方面，沙烏地阿拉伯並不孤獨，附近的阿拉伯聯合大公國也因相同的原因，將在阿布達比的 Barakah 興建 4 座核電機組。在杜拜的「20 年計畫」中，國家最高能源委員會人員預測，未來杜拜的能源供應將有 2 成是來自民用核能計畫，即核能發電。

除了核電的開發，阿聯酋也在 2013 年中啟用了當今全球最大的太陽能集中發電廠「太陽 1 號（Shams 1）」。阿聯酋花了 6 億美元打造該座面積為 2.5 平方公里，約是 285 座足球場大小的太陽能發電廠，太陽 1 號僅為該座

太陽能發電廠的第一期，裝置容量為 10 萬瓩（100 MWe）。但是，根據《富比世》的報導，若要跟 4 座由韓國電力公司所出口至阿聯酋的 Barakah 核電機組擁有相當的裝置容量，必須要「200 座」太陽 1 號排列才可達到。沙烏地阿拉伯人當然也懂得這麼基本的數學概算，因此，核能發電無疑成為他們最佳的基載電力來源。

沙烏地阿拉伯政府最初於 2009 年時表態，該國家正在考慮開始開發核能發電，並於隔年發布的皇家法令中，提到「原子能的發展」對滿足國家電力、脫鹽水生產需求的必要性，隨即在 Riyadh 成立了沙烏地阿拉伯替代能源計畫機構——阿布達拉國王原子及再生能源城（King Abdullah City for Atomic and Renewable Energy，K．A．CARE），加速推進這項計畫來取代石油，期望 K．A．CARE 能勝任為國家簽屬核能條約的主管機構，管理所有核能以及放射性廢棄物相關的計畫。

K．A．CARE 的相關人員在 2011 年 6 月時表示，將在未來 20 年內於境內建造 16 座核電機組，成本超過 800 億美元，可替國家生產約 2 成的電力。而至於較小型的反應爐（例如阿根廷的 CREAM 反應爐）估計將用在淡化海水方面。在 2013 年時安排的時程表顯示，相關建設工程將於今年開始。

國家大型核電計畫

2010 年時，沙烏地阿拉伯委託芬蘭以及瑞士的 Poyry 諮詢公司，協助制訂在海水淡化方面的「核能及再生能源應用領域之高階策略」。2011 年 11 月，沙烏地阿拉伯再次委託 WorleyParsons 公司進行場址調查以及區域分析，來挑選候選場址，然後對其進行比較與排名，並為國家下一階段的核電項目招標訂定技術規格。三個候選場址於 2013 年 9 月時出爐——分別為位於 Gulf 的 Jubail，以及位於紅海的 Tabuk 以及 Jizan。

而這數量超過一打的核電計畫也在國際核電建造廠商間點燃了戰火。2013 年 9 月，GE Hitachi Nuclear Energy 以及 Toshiba/Westinghouse 均為了爭取沙烏地阿拉伯的核電計畫，與 Exelon Nuclear Partners 簽署協議，分別向 K．A．CARE 推銷其旗下的反應爐設計（奇異為 ABWR 以及 ESBWR 沸水式反應爐；東芝 / 西屋電氣為 AP1000 反應爐的 ABWR 版本），都期望能向 K．A．CARE 爭取到反應爐建設合約。

另外，法商亞瑞華及法國電力公司（EDF）也與沙烏地阿拉伯多間公司與大學簽屬多項協定，法電與沙烏地阿拉伯的全球能源控股公司（Global Energy Holding Company，GEHC）將合資成立相關企業即為其中一項，其首要任務為就 EDF 旗下的 EPR 反應爐於沙烏地阿拉伯落地，來進行可行性研究。

目前，沙烏地阿拉伯已與多個國家完成合約的簽署，另外還有數個國家則仍在商討中，在這批國際競爭者當中甚至還可見到來自中國的中核集團。該集團已於今年初，在中國國家主席習近平訪問沙烏地阿拉伯的期間，與 K．A．CARE 主席簽署了一紙「高溫氣冷式反應爐計畫」的合作備忘錄，並在 8 月時於北京再次與沙烏地阿拉伯簽署了「核能技術人才開發」的合作備忘錄，陸續擴大與沙烏地阿拉伯之間的合作。

根據《富比世》的報導，沙烏地阿拉伯選擇跟這麼多間廠商斡旋的主要原因，就是「不要把雞蛋放在同一個籃子裡」，甚至連主要的組件一例如反應爐本體、蒸氣發電機、渦輪機、備用發電機、外圍建築等等，都考慮使用非同一間廠商所生產的組件，建造被我國所戲稱的「拼裝核電廠」。

另外，根據K．A．CARE在2013年時所制訂的「2032年發展願景計畫」，沙烏地阿拉伯在2032年的核電占總裝置容量將達1,700萬瓩（17 GWe），預計總裝置容量將高達1.23億瓩（123 GWe）。除了核電占將近2成之外，還有1,600萬瓩的光伏太陽能發電（PV）與2,500萬瓩的聚光太陽能熱發電（CSP），以及400萬瓩的生質能、風能以及廢棄物發電，但在2032年時仍將會有一半的裝置容量需依賴碳氫化合物來發電。

不過，沙烏地阿拉伯政府已於2015年改口表示，原目標2032年1,700萬瓩的核電裝置容量，將有可能往後推遲至約2040年，才可實現。

國家小型核電計畫

K．A．CARE最初在2013年3月時，與韓國科學、資通訊與未來規劃部（Ministry of Science, ICT and Future Planning，MSIP）簽署了一份有關SMART反應爐的合作備忘錄，內容大綱包含：兩國將聯合執行為期3年的事前工程規劃，對沙烏地阿拉伯首座SMART反應爐進行初步的安全分析、成立SMART反應爐專責公司、在沙烏地阿拉伯建造2座SMART反應爐，以及一同推廣SMART反應爐至第3國家等。

2015年9月，K．A．CARE與韓國核研所（KAERI）為上述「聯合執行事前工程規劃」簽署了更進一步的合作備忘錄，加深兩方在SMART反應爐方面的關係。該份合作備忘錄旨在建造2座SMART反應爐以及培育相關技術人才，並建立SMART技術領域的知識基礎設施，例如反應爐的設計與建造，以及其機械與安全性的維持等。該份合作備忘錄的內容還包含了事前工程計畫的時間（自2015年底至2018年底）與成本（約1.3億美金）等。

根據世界核能協會資料顯示，韓國電力技術公司（KEPCO Engineering & Construction Company，為韓國電力公司的子公司）自韓國核研所承接該份計畫，對韓國將在沙烏地阿拉伯建造2座SMART反應爐，進行事前的規劃與可行性研究。另外，韓國亦在2014年成立了SMART Power有限公司，在SMART反應爐的工程、採購、建設方面，該公司將成為主要的對外窗口，建設工程預計將在2018年中開始。

韓國的SMART反應爐是為發電（功率可達10萬瓩）與熱應用（主要用於海水淡化）所設計，具有60年的運轉年限以及3年一次的燃料替換週期。在沙烏地阿拉伯建造一座SMART反應爐的成本預計高達10億美元，該份協議也因此被韓國視為參與沙烏地阿拉伯國家主要核電計畫的一個開始，並要求將SMART反應爐商業化，以及推廣至其他國家。韓國核研所也以SMART反應爐為基礎，設計了一座綜合海水淡化廠，每日可生產4萬立方公尺的水，以及9萬瓩的電力，而且都是在成本低於燃氣發電的情況下。

另外，阿根廷國營企業INVAP與沙烏地阿拉伯科技發展投資公司（Taqnia，屬政府公共投資基金的科技部門），於2015年3月合資成立Invania公司，主要為沙烏地阿拉伯的小型核電計畫研發相關技術，例如裝置容量2.7萬瓩（27 MWe），用於淡化海水的CREAM反應爐。中核集團於今年初與K．A．CARE簽署的「高溫氣冷式反應爐」合作備忘錄，也屬於沙烏地阿拉伯國家小型核電計畫的其中一環。

其他核子相關合作協議

除了上述的國家大、小型核電計畫，沙烏地阿拉伯也與許多國家簽署相關核子合作協

議，像是分別在 2011、2015 年與法國電力公司（EDF）簽署的合作協議，將替 2 座 EPR 反應爐於沙烏地阿拉伯落地，進行可行性研究。而在核子安全的培訓以及廢棄物處置方面，都另簽署了相關協議。

2011 年中與阿根廷的合作協定，與小型淡化海水用核反應爐以及兩國合資成立的 Invania 公司有關。同年底與韓國簽署的合作協議則是為了協助沙烏地阿拉伯於核子領域的研發，包含在核電廠與研究用反應爐的建造、相關人員的培訓、安全與廢棄物等方面進行合作。另外，韓國電力公司於 2013 年表示，如果沙烏地阿拉伯向韓國購買核電機組，韓電將對「核子相關技術本地化」提供支持，並協助聯合研究與開發核子技術。2015 年即簽署上述 SMART 反應爐相關之協議，將在 SMART 技術領域建立知識基礎設施。

而與中國簽屬的相關核子協議，除了先前提到的「高溫氣冷式反應爐」之外，沙烏地阿拉伯於 2012 年初簽屬的協議，涉及核電廠開發與維護、研究用反應爐、配裝式核燃料的供應等；2014 年 8 月沙烏地阿拉伯與中國核工業集團達成更進一步的協議，2016 年 8 月雙方再次於簽署了與人力資源開發有關之協議。

有這麼“錢”景良好的機會，俄羅斯當然不會放過。俄羅斯聯邦原子能機構（Rosatom）也在 2015 年中與沙烏地阿拉伯協議制訂了在核子領域方面的合作，內容包含了一般發電用反應爐與研究用反應爐（包含海水淡化廠以及粒子加速器）的設計、建造、運轉、除役等，還有核燃料循環服務的提供、用過核燃料與放射性廢棄物的管理、放射性同位素於醫農工方面的生產與應用，以及核子領域專家的教育與培訓等等，範圍之廣。

K．A．CARE 也分別在 2015 年 10 月、2016 年 10 月，與匈牙利、哈薩克簽署了合作協議，目前正與捷克、英國、美國商討近一步的合作。

管制單位

沙烏地阿拉伯的國家核能管制機構（SAARA），於 2014 年初正式開始運作，K．A．CARE 在 2014 年中與芬蘭核能管制單位（STUK）簽署了協議，內容為協助沙烏地阿拉伯招聘與訓練相關人員，以及制定安全標準等，建立核子監管機制。

結語

為了降低國內對化石燃料的依賴，以及確保有足夠的石油供出口的新趨勢，沙烏地阿拉伯對國家能源架構進行了重組，並尋找可替代能源的方案，利用地理位置的優勢，大量開發太陽能發電，並同時結合核能發電來替太陽能發電廠與國家海水淡化廠提供穩定的基載電力，除了期望可以降低國內化石燃料的消耗之外，還可足夠覆蓋國家因為經濟發展而提高的電力成長，不管對國內、國際，或許都會是一個雙贏的局面。

參考資料：

1. World Nuclear Association. “Nuclear Power in Saudi Arabia.” Updated October 2016. Web.
2. Forbes. “Saudi Arabia fast tracks nuclear power.” September 2014. Web.
3. Brooke Anderson. Wall Street Journal. “Saudi Make Push for Nuclear Energy.” September 2015. Web.
4. SMART POWER Co. Ltd. “SMART Partnership with KSA.” Web.
5. 經濟部能源局太陽能光電海外市場商情平台《沙烏地阿拉伯太陽光電政策現況》

生活環境中處處有輻射

文・編輯室



在我們生活的環境中有許多輻射，有來自於天然且早已存在的自然背景輻射，或稱為天然輻射，以及為了提升人類生活，應用在醫療、農業、工業與研究等方面的輻射裝置或所製造產生輻射的設備，稱為人造游離輻射。聯合國原子輻射效應科學委員會（UNSCEAR）於 2000 年的年報資料指出，我們生活中所接受到的輻射曝露來自於天然的約占 88.6%，人造游離輻射的部分約有 11.4%。但近年來由於醫療方面應用的迅速發展，現今美國人民所接受來自醫療的人造游離輻射劑量已經與天然輻射劑量值相當。

天然輻射

天然游離輻射產生於外太空，例如宇宙射線，也產生於周圍環境，例如包含於土壤、空氣、水和食物中，甚至於人體中都有的放射性核種。天然游離輻射的主要類型有 γ 射線，也有 α 粒子、β 粒子、中子以及 μ 介子等。

外太空中充滿各種能量的游離輻射，有

電磁波也有粒子，對於生活在地球表面上的生物，由於受到大氣層以及地球磁場的保護，會減少宇宙射線曝露與影響。但對於太空旅行或搭國際航班的乘客，將會受到比地表一般民眾較多的宇宙射線的照射。

地表環境的諸多放射性核種中，若從對人類所造成曝露劑量的百分比來看，我們主要關心的核種有鉀 40 以及釷 232 和鈾 238 衰變系列的子核種。鉀 40 會隨食物進入人體，也會藉由人體的代謝自動調節平衡，一個 60 公斤的成年人，約有 4,000 貝克的鉀 40 含量。而釷 232 和鈾 238 則存於地殼土壤中，其衰變所產生的子核種中最受到關注的就是氡氣了。氡是一種放射性元素，目前全世界越來越注意氡的輻射防護與流行病學的研究。室內氡氣來源主要來自於土壤與建材中釷 232 和鈾 238 的一系列衰變，所以地質條件以及建材的選擇與使用方式的差異，都會影響室內氡氣的濃度。

人造輻射

人造游離輻射的發現與發展雖只是近 100 年間的事，但由於在醫療、工業、研究、國家安全以及環境保護方面，游離輻射提供了強大的助益，人造游離輻射的應用非常普遍。不管你熟悉或不熟悉，聽過或沒聽過，人造游離輻射與現代生活已經息息相關。

用於醫療方面，例如診斷用的 X 光攝影、電腦斷層掃描儀（CT）以及正子放射攝影（PET），治療用的 X 刀、γ 刀、電腦斷層治療機以及建造中的質子癌症治療機；用於食品異物檢出或飲料業的液位計，工業界的輻射照射以及厚度計;科學園區用於檢驗用的X光機、X 光繞射分析儀、離子布植機及靜電消除器；在機場海關或重要設施用於安全檢查或查緝走私的 X 光安全檢查，環保方面用於污染源的遷移追蹤研究等，我們可以說現代生活時時都在利用輻射。

國立故宮博物院

利用輻射照射可滅菌、除蟲、防霉以確保古物保存，也可製造適當老化材料供給古物修補用。另外 X 光輻射攝影則可透視古物內部來協助古物真偽的鑑定。

輻射源：X 光與鈷 60

應　用：古物保存、修復與鑑定

鈷 60 釋出的 γ 射線已被普遍使用於滅菌、材料的輻射聚合等產業。利用同樣的原理，鈷 60 輻射照射也可用於古物的保存與修補材料的製作。

現今對古物的保存環境要求嚴格，必須定期殺蟲除霉，輻射照射正可以提供滅菌防霉之用。而古物的破損難免，若欲進行修補，材料取得是個大問題。核能研究所過去曾經以鈷 60 輻射照射繪畫所用絹布使其老化，可達到絹布老化程度約 800 年的效果，提供故宮博物院古畫修復之用。現在國內有一埃及古文明展覽，透過 X 光 3D 影像技術重建 3,000 年前拉美西斯二世之子的相貌。另外，有許多古物單看外表不易確定其真偽，透過輻射透視照相



▲毛公鼎（引用自國立故宮博物院）

可不破壞古物本身就可檢視其內部，提供古物更多的資訊，我國故宮博物院著名文物毛公鼎也是透過 X 光透視其內部影像，提供古物專家鑑定其為真品的重要佐證。

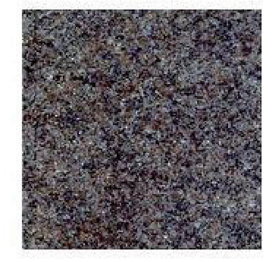
住家——建材氡氣與煙霧偵檢器

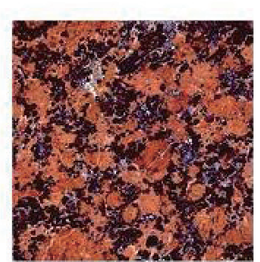
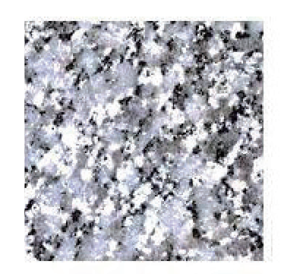
天然石材建材所釋出的氡氣是屬天然背景輻射。煙霧偵檢器的使用則對住家防火的安全提供助益與保障。

建材輻射：天然石材因成分的關係會釋出氡氣

輻 射 源：氡氣

一般而言，氡及其子核是人體接受天然背景輻射來源中最主要的劑量來源。氡的天然同位素以氡 220 以及氡 222 比較受到關注。


▲建材輻射：天然石材因成分的關係會釋出氡氣

氡 220 半衰期不長（55 秒），只有在其母核釷 232 濃度高的地方曝露才重要；氡 222 半衰期稍長（3.82 天），是天然氡氣造成主要曝露的來源。有些天然石材類建材因成分的關係會釋出氡氣。台灣由於室內通風較為良好，氡氣的影響不像歐美國家那麼高，國人接受氡氣曝露的劑量每年平均約為 0.44 毫西弗。

煙霧偵檢器

輻射源：鋂 241

應　用：輻射計數

火災煙霧偵檢器的設計原理非常簡單，有多種方式，其中一種方式是利用放射線，其一端為接收器，一端為活度低被豁免管制的輻射源鋂 241。正常情況接收器可接收到微弱游離訊號，因為鋂 241 所釋出 α 射線穿透力非常弱，而火災剛發生時會有濃煙產生，濃煙會干擾 α 射線被接收器的正常接收訊號，當正常訊號改變就可察知火災的發生。煙霧偵檢器用於室內的火災警告系統已非常普遍。



▲煙霧偵檢器

參考資料：

原子能委員會，雷德城 http://www.aec.gov.tw/webpage/radtown/default.php

辛苦的煉鋼工——居里夫人

文・編輯室

瑪麗亞·斯克沃多夫斯卡（Maria Sklodowska, 1867-1934）生於當時俄羅斯帝國統治下的波蘭會議王國的華沙，即現在波蘭的首都。她在華沙地下飛行大學讀書，並開始接受真正的科學訓練。她在華沙生活至 24 歲，1891 年追隨姊姊布洛尼斯拉娃至巴黎讀書。她在巴黎取得學位並在畢業後留在巴黎從事科學研究。

一個偶然的機會，瑪麗亞與比埃爾·居里（Pierre Curie, 1859-1906）相識了，此時，他已是一位法國傑出的科學家。他們在共同工作的過程中，從相識、相知到相愛，1895 年 7 月 26 日，瑪麗亞成了居里夫人。在一個風和日麗的日子，他們舉行了一切從簡的婚禮。他們對飲了一杯葡萄酒，便騎著自行車—這是這對新婚夫婦給自己添置的唯一的「奢侈品」—下鄉去度蜜月。歸來後，雙雙鑽進了實驗室。

所謂的實驗室，不過是一個簡陋的窩棚。每逢刮風下雨，他們就擔心，唯恐棚頂塌下來打碎實驗用的瓶瓶罐罐。這個窩棚，夏天悶熱，秋天潮濕，到了冬天，冷風直往裏灌，即使有個火爐，他們仍凍得手腳僵硬，動彈不得。就在這裏，居里夫婦進行了放射性的研究，開始了科學史上一次最偉大的探險。

1898 年 7 月，瑪麗亞和丈夫發表一篇聯合署名論文，宣布以「釙（polonium）」命名所發現的元素，以紀念被瓜分的祖國波蘭[註]。



▲瑪麗亞居里（圖片來源：維基百科）

1898 年 12 月 26 日，居里夫婦將他們發現的第二個元素命名為「鐳」（radium），拉丁文意為「射線」。他們在研究過程中還創造出單詞「放射性」（radioactivity）。瑪麗亞在提交給法國科學院的報告中宣布他們發現了比鈾的放射性要強 10 萬倍的新元素—鐳。但一些保守的科學家表示懷疑：「鐳在哪裏？指給我們看看，我們才能相信！」

為了提煉鐳，她要兼做學者、技師和工人 3 種職務。她一次必須加工 20 公斤瀝青鈾礦的礦渣，一人要搬動那些很大的蒸餾缸，把沸騰著的溶液從一個缸子倒進另一個缸子。盡管溶液刺鼻的蒸汽使她不停地咳嗽、流淚，但

她必須像煉鋼工人那樣，用一根鐵棍連續幾小時在鍋裏攪拌溶化了的礦渣。由於睡眠太少，體力消耗很大，他們的健康受到很大損害。

從 1899 年 4 月 到 1902 年 5 月， 經 過 35 個月、1,000 多個日夜的辛勤勞動，他們將 400 噸的礦渣溶解、沉澱和結晶，經過多次的提煉後，終於成功地獲得了 0.1 克純氧化鐳。1903 年 12 月 10 日，瑞典皇家科學院把諾貝爾物理獎授予居里夫婦和貝克勒爾（Atoine Henri Becquerel, 1852-1908）。

一家兩代三人與放射性

雖然歐洲正逐漸進入戰爭邊緣，而且許多國家面臨嚴重的經濟問題，1930 年仍是核子物理界最興奮的一年。居里夫婦的大女兒伊蓮娜．居里（Irene Curie, 1897-1956）和夫婿弗雷德里克．約里奧－居里（Frederic Joliot-Curie, 1900-1958）利用阿伐粒子（^{4}He）撞擊一鋁片（^{27}Al），他們發現了一種新的放射性同位素磷（^{30}P）。歷盡艱辛終於在 1934 年發現人造的放射性，並因此獲得 1935 年諾貝爾獎化學獎。

這個發現加上利用中子不受原子核正電荷排斥的影響，做為新的撞擊粒子，正可以打開通往核分裂之路，接著就是原子彈。

1911 年，瑞典皇家科學院第二次授予居里夫人諾貝爾獎，她的研究工作獲得的國際認可達到新的高度，這次獲得的是諾貝爾化學獎，旨在表彰她「發現了鐳和釙元素，提純鐳並研究了這種引人注目的元素的性質及其化合物」。她是贏得（或共享）兩次諾貝爾獎的第一人。

居里夫人於 1934 年過世，但她在世的時候仍看到了她女兒的成就。約里奧寫道：居里夫人看到我們研究成功，當伊蓮娜和我在一個小玻璃試管內，向她展示第一個人造放射性元素，我永遠無法忘記她所感受到的喜悅。我仍能看到她用手指拿住這個裝有放射性化合物的小試管，雖然她的指頭先前已經被鐳所灼傷了，就好像它的放射性很微弱一樣。為了證實我們告訴她的話，她握著試管靠近一個蓋革．牟勒（GM）計數器，這樣她可以聽到計數器發出很多的卡嗒聲，這無疑是她一生最後的滿足。

在她過世之前，居里夫人設法將這項新發現的敘述放入她一本新出版有關放射性的書籍。

以前人們只知道有鈾、釷、鐳、釙等天然存在的放射性元素，這些元素都是位於元素周期表末尾的重核元素。現在，小居里夫婦發現了列在周期表前面的輕核元素也可以有放射性的同位素。它們在自然界並不存在，而是人工製造的，是人工放射性元素。

約里奧．居里在領取諾貝爾獎金的演說中預言：「我們看清楚了，那些能夠創造和破壞元素的科學家也能夠實現爆炸性的核反應…。如果在物質中能夠實現核反應的話，那就可以釋放出大量有用的能量。」❁

註：波蘭在 18 世紀被沙俄、普魯士和奧地利瓜分，居禮夫人把新元素釙（Po）以其祖國命名，期望能引起世界對波蘭地位的關注。釙可能是第一個因政治問題而命名的化學元素。

參考資料：

1. 輻射軼聞，翁寶山編著，民國 95 年 11 月，核能資訊中心出版
2. 維基百科，https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%8E%9B%E4%B8%BD%C2%B7%E5%B1%85%E9%87%8C#cite_note-independence-91

從女性觀點看核能安全

文．曲瑢



10 月初時看到國際原子能總署（IAEA）的臉書粉專貼出了 60 週年的紀念影片，同時也是女性參與核能的第 60 週年。我想之所以要特別為女性做紀念影片的原因，或許是因為這 60 年來，女性在核能界的參與從一開始的小秘書晉升到專業的科學家，讓女性立足於核能界建立了良好的風範與職場大躍進。

其內容更提到在 1957 年時女性員工僅有 40 名，當時她們的能力只能從事職業助理與秘書的角色；然而在現今 2016 年，女性員工已超過 1,000 名，職業等級已經可以為核工作專業技術的表現，甚至有幾位女士更坐上了高階管理階層。多年來善加利用女性在工作上細心的思維表現，為核能科學帶來了極大的安全保障，也讓更多的女性加入了實驗室的高級檢測員行列。

而近期在美國有兩位在核能界工作的女性發起了媽媽拯救核電聯盟（Mothers for Nuclear），由於加州與紐約的兩個核電廠－肯楊（Diablo Canyon）與印地安點（Indian

Point）逐漸成為不受當地居民與國會議員歡迎的能源選項，因此他們決定為核能出聲。

發起人之一的賽茲（Kristin Zaitz）說過一段話：「無論你是住在加州還是紐約：若你選擇關閉任何一個核電廠一你就是碳排的幫兇之一。」

這都讓我意識到台灣其實很缺乏女性支持核電的聲音，或許也是因為民族性的關係，我們在高中時期選擇念理工的女生不多，能源更是台灣極少在教育下功夫的一環。所以當我們總說理解核能要從幼年教育做起，但從未見教改或課綱有更多能源教育的推廣，或許是當家的政府尚未理解國內外專家對地球氣候的警告以及如何因應的對策，尤其這是近年來各國迫切想解決的國際問題之一，又或許是有意識到，但習慣改天再解決、改天再理解，因為國內尚待解決的問題還多的是。

另一方面，台灣較知名的核能女性團體有中華民國核能婦女會 WiN（Women in Nuclear），然而參與條件必須是從核工畢業或是在核能界工作滿 3 年，這表示關心核能卻不具有參與的資格，而女性身在核能界的人數著實不多，能跳出來為核能說話的女性更是少有，因此核能界就少了母親般感性的聲音。或許是如此，讓有些藝人掛著為下一代著想的名義反核，假冒核能專家的言論就這麼輕易信了，當台灣人習慣感性與受情緒影響，牽涉恐懼與未知，就寧可信其有了。而女性站出來守護家庭的理念被濫用，是非常悲傷的事情。

或許理工的世界並非眾多女性或文組可及，但這不代表了解能源就與這些人無關；生活在現代的我們，一直推崇著獨立思考的能力，若是為了孩子好、並期望傳遞給孩子正確的科普知識，那我想媽媽的教育不能等。因為我們作為生兒育女的角色，更應該感謝核能為孩子的成長帶來健康的生活環境，了解輻射可以屏蔽，更信任台灣有核能界的管制專才為我們守護核電的安全，就是擁有母性的我們支持核能的原因。

因此，身為父母與總有一天也將為人父母的您，更應該仔細想想：在核電廠工作的員工裡，每一位都有他自己的家庭、自己的孩子，難道他們就不為下一代思考嗎？正是因為有著家庭，他們每天才更竭盡心力地為核電做檢測，守護核電的安全，也為你我，帶來便利的生活。

（本文作者為輔仁大學化學系學生）



食物與睡眠

文・編輯室



選擇正確的食物，能夠幫助你獲得最佳的睡眠。如果你知道那些食物會干擾睡眠，學會避開它們，可以幫助你有較好的睡眠。

- 奶製品含有色胺酸，這是一種促進睡眠的物質。除了奶製品外，堅果、種子、香蕉、蜂蜜和雞蛋也含有豐富的色胺酸。
- 含碳水化合物的食物能與乳製品互補，會促使血液中的色胺濃度增加。於是一個完美的點心可以幫助睡眠，如麥片配牛奶、優格配餅乾。
- 睡前吃些點心，讓肚子有一點點食物可以幫助入睡，但這不代表可以在睡前吃很多的東西，因為吃得太飽，會讓消化系統有負擔而無法好好地睡覺。
- 即使低咖啡因，也可能會導致睡眠障礙。睡前 4-6 小時要避免咖啡，巧克力、可樂、茶含有咖啡因的食物。有些止痛藥、減肥藥、利尿劑、感冒藥中含有咖啡因，這些藥物中的咖啡因有時候比一杯咖啡還要多。

- 酒精可以幫助您入睡，但可能會在夜半頻繁的醒來，而減少了睡眠時間，且可能會有頭痛、盜汗和做惡夢的狀況。如果晚上飲酒，最好喝等量的水，以稀釋酒精對身體的影響。更好的方法是，睡前 4-6 小時避免飲酒。
- 睡覺時消化系統的運作會減慢，吃得飽飽的入睡會讓你不舒服，在吃飽後至少 4 小時後再入睡。
- 睡前要減少攝取水份，否則夜間需要到洗手間報到，必定會打斷睡眠。
- 香菸中的尼古丁有類似咖啡因的效果，具有興奮的作用，所以睡前 4 小時避免或減少吸菸量。

幫助你一覺好眠的技巧

1.睡午覺的影響

如果你有難以入睡的問題，那麼午覺的時間要保持在 20 分鐘之內，而且睡午覺的時間不要太晚。

2.臥房內禁止藍光

藍光的短波可能會干擾到睡眠！睡前 2-3 小時保持房間周圍的燈光昏暗，睡前 1 小時關掉電視、電腦和其他會產生藍光的產品，在浴室使用夜燈，微弱的燈光會使大腦產生褪黑激素，幫助睡眠。

3.讓你的脖子保持在自然的位置

睡前要保持頭部在自然的姿勢，不要杵著脖子看電視，枕頭應該是要恰到好處的將脖子支撐在中間的位置。如果是側睡時，鼻子應該對準與枕頭的中心，最好避免扭轉脖子趴睡的姿勢。

4.放個枕頭，避免背痛

輕微的腰痛可能不會吵醒您，但卻可能擾亂睡眠的深沉度！側睡時，將兩腿之間夾一個枕頭，讓枕頭和臀部能有更好的調整，減



少腰背的壓力；仰睡的人可以將枕頭枕在膝蓋下，可以幫助緩解夜裡的疼痛。

5.將床墊密封起來

小心！床墊上的黴菌、塵蟎及其糞便，以及其他會觸發過敏的物質，都可能會隨著時間的增加而增加，藉由密封床墊和枕頭，可以避免這些問題。

6.適時適量的運動

規律的運動可以幫助改善睡眠品質，但任何的劇烈運動要在睡前 3-4 時完成，睡前可進行像是瑜珈、太極等讓身心平和的運動。

7.調整生理時鐘

每天在同一時間睡覺和起床，即使是週末也是如此。這樣規律進行一段時間後，會使大腦和身體有一個較為健康的睡眠 - 覺醒週期。一段時間後就可以在夜裡很快地入睡。

8.專家表示對大部分的人來說，最適合的睡眠溫度是稍微涼一點的溫度—低於24℃，在臥房裡的一切應該要是與休息、放鬆有關，睡眠和性生活應該要是臥房裡的唯一消遣，避免在臥房裡算帳、講電話或看電視。

如果嘗試了不同的睡眠技巧，但是失眠的狀況還是持續超過 1 個月，就該與醫生討論，深入探討失眠的原因。憂鬱、藥物、胃食道逆流、氣喘、關節炎等等都是可能引起睡眠障礙的原因。

（以上資訊由喜悅健康診所提供）



中國的「核電寶」

文‧編輯室

在中國，我們稱之為「行動電源」的小型充電電池被叫做「充電寶」，那你可以猜到「核電寶」是什麼嗎？

從充電寶這個詞來推敲，核電寶指的就是「迷你核電廠」，也就是將核電裝置小型化。講很容易，但要將核電裝置小型化並不易實現，因為現有的核電裝置對核燃料的導熱性能有很高的要求，但中國最近在第四代反應爐一麒麟一號（鉛基反應爐）冷卻技術方面的研發有了重大的突破，可有效解決核電裝置高效導熱的問題，而且安全性也大幅提高。基於這項技術，中國已著手開發世界首座迷你核電廠，有望率先推出只有 6 米長、2.5 米高的迷你型核電電源裝置一核電寶。

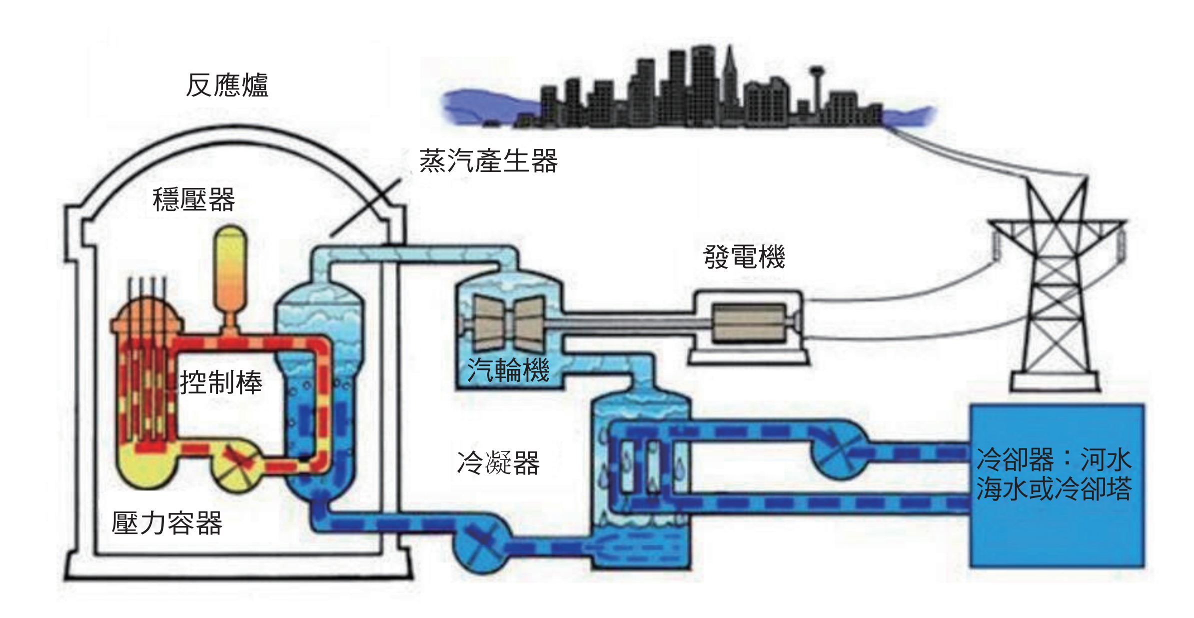
在解釋「鉛基反應爐冷卻技術」怎麼實現核電裝置小型化之前，我們先來了解一下核能發電的原理吧。核能發電其實就是高級版的燒鍋爐，是一個把熱能變成電能的過程。透過核燃料進行分裂反應時所釋放出的熱能，流經核燃料的循環水受到加熱升溫進而成為水蒸氣，這些水蒸氣通過氣輪機而轉化為機械能，再經過發電機將機械能轉為電能。

在一般反應爐運轉的過程中，水就是用來帶走熱能的物質，所以水就是反應爐的冷卻劑。水冷卻劑雖然成本低廉，但其安全加熱的上限溫度只能到攝氏三、四百度，對後繼發電部分來說，這樣的溫度卻會降低發電效率。所以在這幾十年間，科學家又陸續發明鈉冷卻劑、氦冷卻劑等流動式氣、液態冷卻劑，以及最近的固體冷卻劑一鉛。

可是，鉛冷卻劑不屬於流動式冷卻劑，怎麼把熱量帶走呢？是因為它的熔點較低，只有 327℃，如果把鉛結合其他金屬做成合金（鉛基材料），則熔點更低，僅有攝氏一、二百度。當鉛或鉛合金熔化變成液態後，具有非常良好的流動性（與水銀相似）。在鉛冷卻劑吸收核分裂釋放出來的熱量後，固體的型態會轉變成液體，然後不斷的循環流動，帶走熱量並發電。整個過程其實就像是用核燃料不斷的燒一鍋「鉛基液體」。

相較於傳統的水冷卻劑，鉛冷卻劑的沸點高達攝氏兩千度，比水高出非常多，在水的沸點溫度時狀態仍非常穩定，不會是一組「壓力鍋」。另外，鉛冷卻劑的導熱率為水的 30





▲核能發電的過程（圖片來源：科普中國）

倍，可以帶走的熱量也比水更多，加上其化學性質並不活潑，幾乎不會與水和空氣發生反應，因此也可以避免像日本福島電廠發生氫爆那樣的事故。有效地提高發電效率與安全係數，都是核電裝置小型化能得以實現的原因。

相關研究研究人員表示，核電寶可生產1,000MWt 的電力，不需更換燃料也可以運轉數年的時間。也因為核電寶在運轉的時候不會產生任何的塵、煙，即使放置在小島上居民也不太容易發現它的存在，但因為仍有放射性物質外洩的可能性，要說服居民說核電寶是一項安全的技術，還是有其困難存在。

海上核電廠

除了「核電寶」之外，中國自產的海上核電廠也來勢洶洶。中國廣核集團（以下簡稱「中廣核」）於 11 月初宣布，其開發的一座小型反應爐已進入工程階段，該反應爐將可滿足海上用戶的用電需求。中國在 2016 年年初即透露國內海上浮動式核電廠已處於規劃階段，將對中國於海域資源的開發帶來非常大的利益。

海上核電廠，顧名思義即是把核反應爐安置在船舶上，由船舶開往需要使用電力的海洋。雖然中國在核動力方面的研發已有近半個世紀的時間，也擁有多艘核動力船艦，但屬民用的核動力船舶並無先例。中國工程院院士潘自強表示，不管是將反應爐安置在如潛水艇或航空母艦等的船艦，或是發電用的民用船舶身上，這在技術上都已經沒有任何問題。

中廣核研究院補充，中國的海上核電廠是參考陸上大型商用壓水式反應爐，將核電設備技術結合海上裝置技術，符合最高核安要求與海上用戶需求，建立分布式海洋綜合能源系統，打造「哪裡需要到哪裡去」的海上移動式核電廠。

目前中國開發中的海上核電廠的發電功率相當於陸上百萬瓩級的反應爐的 1/5，根據國際原子能總署（IAEA）的標準來看，屬於小型反應爐。由於陸地與海洋存在巨大的差異，使用的技術也有所不同。基於海洋的特殊環境，海上核電廠的反應爐必須集中重量、重心低、抗傾斜，在設計時也須考量到海上颱風、冰雪載荷等對反應爐帶來的影響，也必須滿足國際對放射性物質排放的要求。

根據中廣核先前公布的資料顯示，這座反應爐預計 2017 年啟動示範建設，2020 年建成發電。而在中廣核之前，中國就有其他核電集團已經、或正在布署海上核電廠，中國核工業集團（以下簡稱「中核集團」）已於 2015 年中完成該集團小型漂浮式核電廠的總體設計，其設計、試驗、設備研發等各環節均已貫通，預計 2019 年完工投入運轉。

另外，中國核工業建設集團以及中國國家電投集團也都在進行海上核電廠的布署，預計海上核電廠在實施大量建設後，預計每座的投資額為 20 億人民幣（約 90 億新台幣），就算建造 20 座海上核電廠都還比建造一座航母艦隊便宜，可見其未來的發展趨勢。

隨著技術不斷的進步，以後核電裝置的體積將越來越小，能量利用率也會越來越高，或許某一天我們真的能像漫威電影《鋼鐵人》一般，實現裝置於他胸口的「核能電池」，為持有者提供源源不絕的能量。

參考資料：

1.Nuclear Engineering International. “China Developing World's Smallest NPP.” 2016/10/12. Web.

2. 科普中國，「有點厲害！世界首台“核電寶”將只有集裝箱這麼大？」

3. 第一財經，「海上核電站：哪裡需要哪裡去」



▲ 中廣核海上核電廠構想圖（圖片來源：中廣核集團）

芬蘭欲向澳洲出口**最終處置場相關技術**

文・編輯室

領先全球的芬蘭用過核燃料處置營運廠商——泊西瓦公司（Posiva Oy），期望能向澳洲中南部的南澳洲（South Australia）出口其高放射性廢棄物最終處置場「昂克洛」的技術，協助澳洲發展商業化地質處置設施，共同接收、處理來自世界各地的放射性廢棄物。南澳洲負責歐洲行銷的政府官員，也至芬蘭昂克洛最終處置場進行參訪，確保如果在南澳洲建造最終處置場，將不會對其乾淨、無汙染的象徵造成任何影響。

南澳洲所構想的最終處置場，預計將有昂克洛的 10 倍大。南澳洲希望在泊西瓦的協助下，能在 15 年內完成最終處置場選址與建場的工作。因進行相關技術的驗證需要耗費不少時間，芬蘭自 1978 年即開始相同的作業，全程花了超過 30 年才完成。泊西瓦公司表示，如果南澳洲有意擴大當地的核工業，泊西瓦非常樂意授權與其分享知識產權與施工方案，因為，若建造新的設施能因此省去不少時間，這將非常有意義。

但是，在經過 3 周的討論後，300 多名「南澳核燃料循環皇家專門調查委員會」的陪審團人員向總理遞交了一份長達 50 頁的報告，其中提到有 2/3 的公民陪審人員不希望見到南澳洲在任何的情況下，放置高放射性廢棄物。

該報告概述了南澳居民——尤其是當地較年長者，對在南澳地區興建最終處置設施的經濟性、安全性，以及對政府的信任，均缺乏認同。報告中提到：「多數陪審人員認為，我們沒有權利做出一項將會對後代子孫產生如此長期，且無法逆轉後果的決定。由於這項建造計畫的公眾接受度、經濟效益、安全性，以及民眾對政府的信任程度都存有爭議，應停止該計畫的公共資金來源」。

會有如此多數的陪審人員反對興建該設施，主要是因為不信任政府發展重大項目的能力。報告稱，州政府過去在管理大型經濟問題方面有著「糟糕的紀錄」，例如南澳國家銀行及其 1991 年的救市計畫、2001 年的摩托羅拉事件等。而總理表示，雖然多數陪審人員反對建立最終處置場，並不意味著這項議題的終止，內閣已於近期開始審查陪審團所提交的報告，審查完成後政府部門將會提出新的計畫。

參考資料：

1. The Advertiser, “Finland's Onkalo Nuclear Waste Disposal Facility Want to Export the Technology.” 2016/09/21. Web.
2. http://np.chinapower.com.cn/201611/10/0054051.html

核能新聞

文．編輯室

國外新聞

日本美浜電廠3號機組獲准延役

日本原子力規制委員會（NRA）於今（2016）年10月5日宣布，位於日本福井縣、由關西電力公司營運的美浜核電廠3號機組，符合新制核安基準，准許其延役至2036年，將成為日本第3座獲准延役20年的40歲老舊核電廠。

美浜3號自1976年底正式開始營運，但在福島事故後隨著大部分機組一同停止運轉，接受NRA安檢。雖然NRA宣布其符合新制標準，美浜3號仍需獲得NRA的重啟許可才可正式重啟，這中間還需要經過大規模的施工與改建，關西電力公司估計將投入1,650億日圓（約500億新台幣）的資金，來進行NRA因福島事故所做出的改良規定，預計重啟的時間仍需等到2020年。NRA在日本最初重啟核電時即表示，老舊電廠延役20年是有可能的，但過程將會非常艱難。許多電力公司即因重啟所需的資金過高，決定報廢旗下的核電廠，關西電力公司也因此原因放棄重啟美浜1、2號機組。

而位於九州鹿兒島縣的川內電廠1號機組，因為新上任的鹿兒島縣長於8月時提出「停止反應爐運轉，並重新檢查」的要求，該座機組已於10月4日停機。在停機的3個月間，負責該座電廠營運的九州電力公司，將會對反應爐外圍的壓力槽、圍阻體，以及廠內用過核子燃料貯存設施等，進行詳細的檢測。川內2號則預計於12月中停機，面臨相同的檢測，屆時四國電力公司的伊方核電廠將成為日本唯一運轉中的反應爐。

Nuclear International Engineering, 2016/10/12

瑞士電力公司放棄新建核電廠

瑞士3間公共事業公司Axpo、Alpiq以及BKW，於近期聯合發表聲明，宣布將撤回興建替代核電廠的簡易許可申請，該許可申請在2008年就已提出，但在2011年時因為福島事故遭到凍結而延期，瑞士也因為福島事故決議將在2050年逐步淘汰核能發電。聲明中提到：「自2008年遞交這項興建替代核電廠的架構許可申請至今，能源世界已徹底的改變，現在的能源市場已經與當時完全不同了，況且在這段期間內，決策者並沒有替核電開闢明確的道路」。

該項許可申請預計將興建3座替代核電廠，撤回許可申請將使這3間公共事業公司必須支付8,100千萬美元的計畫規劃費用。瑞士有將近4成的電力是來自於5座核電廠，其2050年的能源策略目標：希望能通過增加水利發電以及其他替代能源的使用，來提高能源效率，並縮小差距。

瑞士擁有全球最年邁的2座核電機組，均預計於2019年封存。但政府表態反對綠黨所提出的「加速國內核電機組除役」策略，瑞士能源部長路得（Doris Leuthard）於最近的新聞發佈會上表示，雖然政府最終是以推出核電

為目標，但將於最近舉行、由綠黨因上述策略所提出的公投提案尚未成熟，將使瑞士無法使用再生能源來取代國內電力的生產，倉促的關閉只會損害瑞士的能源安全，提高對德國燃煤發電的依賴，暴露出納稅人將向公共事業公司要求報酬的危機。

Nuclear International Engineering, 2016/10/14

華龍一號將開啟英國通用設計審查

中國廣核集團（以下簡稱中廣核集團）期望能在英國辛克利角 C 核電廠建造 2 座百分之百中國自產反應爐——「華龍一號」，在今（2016）年 9 月中資獲准入主該核電廠計畫後，華龍一號將於近期開啟英國的通用設計審查（Generic Design Assessment，GDA）。

根據英國核安管制規範，如要採用英國從未使用過的技術新建核電廠，必須先通過該審查。GDA 的標準相當嚴格，自成立至今只有法國的 EPR 反應爐設計通過該審查，美國的 AP1000 在通過美國當局審查的情況下，仍被提出幾十項需改良之處，至今仍在審核當中。中廣核集團表示，華龍一號將力爭在 5 年內完成該審查，讓更多國家看見華龍一號，由此推動華龍一號在國際市場的開發。

除了辛克利核電廠之外，中廣核集團也將與法國電力公司一同推動英國的布拉德維爾 B 與賽茲維爾 C 核電廠建設計畫。英國目前正處於低碳經濟轉型的階段，未來 10 年間將對 1/4 的發電計畫進行更新，辛克利角 C 計畫可說是其中的重頭戲，該電廠建造完成後將可滿足英國 7% 的電力需求，替英國約 600 萬人消費者提供穩定、低碳的電力，其電價相較於其他電力來源也具有競爭力，預計將帶動英、法核電產業成長，落實中國核電「走出去」政策。

Chinapower, 2016/10/19

捷克可能將高放最終處置場設於核電廠附近

捷克國家核能安全署（SUJB）首長德拉博娃（Dana Drabova），於近期接受捷克電視台訪問時表示，該國境內的用過核燃料最終處置場最有可能設於 2 座核電廠 Dukovany 或 Temelin 的周圍。捷克已於先前表態，將於 2065 年前完成最終處置場建設，預計該座用最終處置場將耗資 46 億美金。

目前該國電廠所產生的用過核燃料均貯存在 2 座核電廠內的暫時貯存設施中，德拉博娃指出，在核電廠廠區周圍建設最終處置廠，可化解由當局指派候選場址將於該處居民造成僵持的問題，而且目前在 Dukovany 電廠周圍市鎮的居民已對執行最終處置場的地質探測表示興趣，如果在足夠的報酬下極有可能同意該地區為最終處置場場址。

捷克政府在 2011 年底公布了 7 個最終處置場候選場址，原本將開始該處地質探測的工作，但其中 5 個地方的市長於當時聯合上書，向環保署抗議。德拉博娃表示，她非常支持在歐洲建立一座共有的用過核燃料最終處置場，因為成本可以降低很多，但她無法想像有哪位政客會向自己國家的民眾推銷這個想法。

Nuclear International Engineering, 2016/11/03

新建大型密封體將罩住車諾比4號機組

為車諾比核電廠熔毀反應爐所建造的圓

頂建築，其移入工程已於今（2016）年 11 月 14 日正式啟動，該工程將把圓頂建築通過特殊滑動系統，移至車諾比核電廠 4 號機，於 30 年前車諾比事故中被損毀的反應爐的上方，進行屏蔽。

該座車諾比核電廠的圓頂被稱為「新式安全密封體（New Safe Confinement）」，於 2012 年開始建造，長、寬、高分別約為 260、160、110 公尺，總重量達 3.6 萬噸，在拱型的結構體內有安裝起重機，預計壽命至少有 100 年，耗資超過 16 億美元，為現今世界上最大的移動式陸上結構體。由於尺寸過於巨大，建築結構必須分為兩半來打造，並在 2015 年成功連接在一起。

通過特製的滑動系統，該密封體將被移動到其最後的休眠地點——熔毀的車諾比 4 號反應爐上方。該滑動系統由 224 個液壓千斤頂所組成，每個千斤頂可把該座密封體往前推進 60 公分，預計整個移動工程預計需要 5 天的時間。在移動工程完工後，該座密封體建築將覆蓋住整座 4 號機，以進行目前被封在「石棺」內的反應爐本體的拆除作業，以及放射性廢棄物的管理作業，防止輻射在這段期間自內部洩露而出。

World Nuclear News, 2016/11/14

菲律賓同意重啟已封存核電廠

菲律賓總統杜特蒂改變初衷，已同意啟用建成 40 年但卻從未使用過的巴丹核電廠（Bataan）。國家能源部長庫西（Alfonso Cusi）在近期的一場媒體簡報會上表示，杜特蒂已批准巴丹核電廠的重啟計畫，並發出指示，必須對安全與安保問題採取更多的保障措施。他同時也提到總統非常注重閒置 40 年核電廠的使用安全問題，以及發生災難時應有的應對及保安措施。

庫西表示，菲律賓會依據國際原子能總署嚴格的法規以及各種措施來啟用巴丹核電廠。不過，到巴丹核電廠正式開始運轉仍需要 2-4 年的時間，因為當初參與此電廠建造計畫的官員以及相關人員都已經退休或不在人世，當局必須重新佈署一切所需要的人力資源。巴丹核電廠可生產 62 萬瓩的電力，但在運轉初期僅會少量生產，直到運轉及專業均達到一定水平時才會大量發電。

巴丹核電廠位於菲律賓呂宋島西部的巴丹省，由已故總統馬可仕於 1976 年批准興建，耗資超過 20 億美元，為菲律賓僅有的核電廠，但因為電廠座落於一條主要地震帶上方，以及靠近當時仍處於休眠狀態的皮納圖博火山（Pinatubo），巴丹電廠因此被判定為無法安全運轉。馬可仕政府在 1986 年倒台後，反核的新政府決定棄置該電廠。但是，隨著國際能源價格不斷上漲，菲律賓政府於數年前開始研究重啟巴丹核電廠的可能性，但 2011 年時卻又因為福島事故引發安全顧慮，使其重啟計畫遭到擱置。

Chinapower, 2016/11/14

國內新聞

世銀年度經商環境報告：台灣連3年電力取得排名世界第2

台電供電表現亮眼，再獲國際肯定！世界銀行10月26日公布的《2017經商環境報告》（Doing Business 2017），台灣在電力取得表現領先歐美等先進國家，排名世界第二。這更是台灣連續3年在此項目獲得第二名，表現有目共睹，其中供電穩定與費率透明更獲得滿分8分。台電表示，以穩定供電為己任，未來將持續精進，作為台灣經濟發展的堅實後盾。

世界銀行公布報告指出，低廉可靠的電力對企業運作至關緊要。世銀今年針對190個經濟體進行評比，在電力取得方面，假設一座位於大都市的倉庫須申請用電，共需經多少程序、用掉多少時間。台灣的評比結果，共需經過3道程序，耗時22天，僅次於排名第一的南韓18天。去年台灣此項評比結果即從24天減為22天，今年繼續維持佳績。

在供電穩定與費率透明方面，台電在6個子項目上都拿到滿分，分別是全年每戶停電時間與次數、停電監控機制、復電機制、主管機關監控、避免停電的財務措施（補償或罰款），以及費率與費率調整的溝通。

世界銀行在190個經濟體中，以開辦企業、申請建築許可、財產登記、取得信貸、繳納稅款等項目，評比各經濟體的經商便利度。我國總排名維持世界第11名，優於澳洲、德國、加拿大、法國與日本等國。而在電力取得項目方面，前5名分別為南韓、台灣、香港、阿拉伯聯合大公國與德國。

世界銀行《2017經商環境報告》：http://www.doingbusiness.org/~/media/WBG/DoingBusiness/Documents/Annual-Reports/English/DB17-Report.pdf

（2016/11/03，本刊訊）

台灣綠電添生力軍 台電海域風電施工處揭牌

台電成立70年來首度組織開發海上風力的專門施工單位，台電10月7日於台中港區舉辦「海域風電施工處」揭牌儀式，象徵台電「向海風借電」，邁入實際施工階段。台電表示，離岸風力發電是階段性開發再生能源的主力，組成捕捉台灣海峽能量的施工團隊，除投入公司內電氣、機械、土木、地質等跨領域技術人才，並同步招募海事工程人員，串連成為推動台灣綠能的海中生力軍。

台電「離岸風力發電第一期計畫」開發地點位於彰化縣芳苑鄉西側海域8公里處，是經濟部能源局於102年7月公告「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」的示範風場，第一期計畫投資總額約195億元，裝置容量約11萬瓩，預計109年6月完工商轉，年發電量達3.6億度，可供給超過10萬家戶一年的用電；未來目標到114年總裝置容量達100萬瓩，大約等同於台中火力發電廠2部發電機組。

台電表示，鑑於陸域優質風場開發已趨飽和，而台灣海峽蘊藏豐富的風力尚待開發，台電從陸地走向海洋，將努力打造台灣海峽風場成為綠電的發電中心，跟上國際離岸風電開發的腳步。

（2016/10/07，本刊訊）

何博士的日常豆知識

Q:輻射好可怕?
你知道香蕉也有輻射嗎?

要來根香蕉嗎?

核能發電
會有輻射
好可怕喔!

傻孩子,
你聽過天然輻射嗎?

背景輻射就在你我身邊!

從香蕉到人類、從太陽到海水全都是輻射源,

只要在安全劑量內就不用擔心,
不會因為是天然的背景輻射
或核電廠的人工輻射而有所不同喔!

正確了解輻射,不再莫名恐懼

何博士的日常豆知識

Q:天然輻射都從哪來?
會不會有危險呢?

別亂想!
只要在安全劑量內
核能發電輻射量
與天然輻射一樣安全!

宇宙萬物皆有輻射

核能發電
產生的輻射
比天然輻射可怕!!

只要在安全劑量內都是安全的!

天然輻射主要來自地表輻射、氡氣、宇宙射線及體內輻射。
也就是說,我們從土壤、岩石、呼吸空氣、搭飛機、或吃東西等都會接受到輻射,

天然輻射和人造輻射只是來源不同,在正常劑量內不需擔心!